

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Propuesta de estabilización de talud mediante diseño
biomecánico con la planta vetiver ante deslizamiento de suelos
en la quebrada Tingoragra - Huánuco 2023”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Segovia Espinoza, Ricardo

ASESOR: Narro Jara, Luis Fernando

HUÁNUCO – PERÚ

2024

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Geotecnia**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:****Área:** Ingeniería, Tecnología**Sub área:** Ingeniería ambiental**Disciplina:** Geotecnia**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73587138

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 18206328

Grado/Título: Maestro en ingeniería con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0003-4008-7633

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Malpartida Valderrama, Yenerit Pamela	Maestro en ingeniería con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	22516875	0000-0003-2705-4300
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 14:45 horas del día **viernes 22 de noviembre de 2024**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

✓ DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS	PRESIDENTE
✓ MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA	SECRETARIA
✓ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2491-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Ricardo SEGOVIA ESPINOZA, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

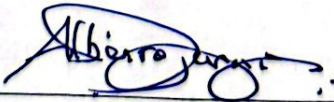
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) Aprobado por Unanimidad con el calificativo cuantitativo de 15 y cualitativo de Buena (Art. 47).

Siendo las 16:04 horas del día 22 del mes de noviembre del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
DNI: 40895876
ORCID: 0000-0001-7920-1304
PRESIDENTE


MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA
DNI: 22516875
ORCID: 0000-0003-2705-4300
SECRETARIO (A)


MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: RICARDO SEGOVIA ESPINOZA, de la investigación titulada "Propuesta de estabilización de talud mediante diseño biomecánico con la planta vetiver ante deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra - Huánuco 2023", con asesor LUIS FERNANDO NARRO JARA, designado mediante documento: RESOLUCIÓN N° 498-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 21 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 09 de octubre de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

10. Ricardo, SEGOVIA ESPINOZA.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

distancia.udh.edu.pe

Fuente de Internet

13%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

<1%

5

aprenderly.com

Fuente de Internet

<1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286

cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar hasta aquí y brindarme la salud necesaria para alcanzar mis metas, así como por su infinita bondad y amor.

A mi querida madre, Rosa Luz Espinoza Rodríguez, quien ha sido mi mayor inspiración para perseverar en mis estudios y completar este proceso como parte de mi formación personal.

A mis hermanos Patricia y Manuel, por su apoyo incondicional, ánimo constante y comprensión, que han sido esenciales para lograr este objetivo. Gracias por confiar en mí, por ofrecerme su ayuda en los momentos difíciles y por ser una fuente continua de inspiración.

Dedico esta investigación a mi familia y amigos, quienes, a su manera, motivaron a terminar mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Esta tesis no habría sido completada sin la generosa ayuda de Dios y la valiosa contribución de todas las personas que, de alguna manera, participaron en el desarrollo de esta investigación. Mi reconocimiento es para cada uno de ellos.

Agradezco profundamente a la Universidad de Huánuco por ser parte fundamental de mi formación, y expreso mi especial gratitud al Mg. Luis Fernando Narro Jara, asesor de este trabajo, por su orientación y apoyo incondicional. También quiero reconocer a los miembros del jurado por su tiempo, amabilidad y generosidad.

A todas las personas que de alguna forma contribuyeron a la culminación de esta etapa en mi desarrollo profesional, les expreso mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
CAPÍTULO I.....	18
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	19
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	19
1.3. OBJETIVOS	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRACTICA.....	20
1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	21
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	21
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	22
CAPÍTULO II.....	24
MARCO TEÓRICO	24
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	24
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	25
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	27
2.2. BASES TEÓRICAS.....	27
2.2.1. MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS MECÁNICOS	27
2.2.2. DESLIZAMIENTO DE SUELOS.....	43

2.2.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	47
2.2.4. PLANTA VETIVER.....	61
2.2.5. OBRAS BIOMECÁNICAS	69
2.3. DESCRIPCIONES CONCEPTUALES	71
2.4. HIPÓTESIS	75
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	75
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	76
2.5. VARIABLES	76
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	76
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	76
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	77
CAPÍTULO III	79
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	79
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	79
3.1.1. ENFOQUE	79
3.1.2. ALCANCE.....	79
3.1.3. DISEÑO	80
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	81
3.2.1. POBLACIÓN	81
3.2.2. MUESTRA	82
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS ...	84
3.3.1. TÉCNICA PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	84
3.3.2. INSTRUMENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS	92
3.3.3. PRESENTACIÓN DE DATOS	92
3.3.4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	97
CAPÍTULO IV.....	98
RESULTADOS.....	98
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	98
4.2. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	122
CAPÍTULO V.....	128
DISCUSIÓN	128
5.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	128
CONCLUSIONES	130

RECOMENDACIONES.....	131
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	132
ANEXOS.....	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Lista de Tamices métricos e ingleses para mallas cuadradas	28
Tabla 2 Estándares de peso mínimo para ensayos de contenido de humedad	30
Tabla 3 Fuerzas de tensión de rotura de raíces de especies vegetales	64
Tabla 4 Diseño de la distancia vertical de la planta vetiver en función de la inclinación	67
Tabla 5 Operación de la Variable de la Investigación	77
Tabla 6 Coordenada de la localización de la zona de investigación	85
Tabla 7 Coordenadas Topográficas de la zona definida.....	86
Tabla 8 Coordenadas Topográficas de la sección S-1 en la zona definida .	93
Tabla 9 Coordenadas Topográficas de la sección S-2 en la zona definida .	93
Tabla 10 Coordenadas Topográficas de la sección S-3 en la zona definida	94
Tabla 11 Datos de las pruebas de peso específico de la muestra M1.....	94
Tabla 12 Datos de las pruebas de corte directo de la muestra M1	95
Tabla 13 Datos de las pruebas de peso específico de la muestra M2 más las raíces de la planta vetiver	95
Tabla 14 Datos de las pruebas de corte directo de la muestra M2 más las raíces de la planta vetiver	96
Tabla 15 Resumen de los factores de seguridad sin considerar el efecto del diseño biomecánico y la planta vetiver, utilizando los métodos mencionados	109
Tabla 16 Descripción de los FS con la influencia de la planta vetiver con los métodos propuestos	121
Tabla 17 Prueba de Shapiro-Wilk aplicada a los análisis de estabilidad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver	123
Tabla 18 Prueba de Shapiro-Wilk aplicado a los análisis de estabilidad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver	123
Tabla 19 Prueba de Wilcoxon para una sola muestra, relacionada con la Hipótesis Específica 1.....	124
Tabla 20 Prueba de t-Student para una sola muestra, relacionado con la Hipótesis Específica 2.....	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Curva granulométrica del porcentaje retenido en función al diámetro de partículas de suelo.....	29
Figura 2 Esquema de los límites de Atterberg	32
Figura 3 Curva de flujo para establecer el límite líquido en función de numero de golpes	33
Figura 4 Factores morfológicos y morfométricos de un deslizamiento	44
Figura 5 Zona de ruptura en un movimiento de masa	44
Figura 6 Deslizamiento rotacional típico	45
Figura 7 Fallas en la base del deslizamiento rotacional.....	45
Figura 8 Deslizamientos traslacionales.....	46
Figura 9 Deslizamientos de tipo traslacional.....	47
Figura 10 Representación de la envolvente de Mohr-Coulomb en el plano de tensiones normal y tangencial.....	49
Figura 11 Sección de deslizamiento redondeado dividido	50
Figura 12 Fuerzas que actúan en una dovela.....	53
Figura 13 Acciones de la i-ésima rebanada según las hipótesis de Janbu..	56
Figura 14 Diagrama para determinar el Factor f_0 en función del ratio para el Método Janbu	56
Figura 15 Fuerzas ejercidas sobre las dovelas en el método Spencer.....	58
Figura 16 Coordenadas en la superficie de falla del Método Spencer.....	59
Figura 17 Sistema vegetal planta Vetiver	61
Figura 18 Tensión y fuerza de corte de la raíz del Vetiver	64
Figura 19 Separación de esquejes para la siembra de vetiver	65
Figura 20 Componente de la planta vetiver	65
Figura 21 Separación horizontal y vertical para la siembra de la planta vetiver	68
Figura 22 Esquema de diseño de la investigación.....	81
Figura 23 Zona de deslizamiento de suelos identificada como la población del estudio realizado	82
Figura 24 Secciones de la zona de deslizamiento sin considerar el efecto del diseño biomecánico y la planta vetiver en la investigación realizada.....	83

Figura 25 Secciones de la zona de deslizamiento considerando el efecto del diseño biomecánico y la planta vetiver en la investigación realizada.....	84
Figura 26 Pendiente de la sección S-1 sin tener en consideración el diseño biomecánico y la planta vetiver	98
Figura 27 Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Ordinario ..	99
Figura 28 Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Janbu	99
Figura 29 Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Spencer..	100
Figura 30 Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Morgenstern & Price	100
Figura 31 Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Sarma.....	101
Figura 32 Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Bishop	101
Figura 33 Pendiente de la sección S-2 sin tener en consideración el diseño biomecánico y la planta vetiver	102
Figura 34 Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Ordinario	102
Figura 35 Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Janbu	103
Figura 36 Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Spencer..	103
Figura 37 Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Morgenstern & Price	104
Figura 38 Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Sarma.....	104
Figura 39 Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Bishop	105
Figura 40 Pendiente de la sección S-3 sin tener en consideración el diseño biomecánico y la planta vetiver	105

Figura 41 Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Ordinario	106
Figura 42 Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Janbu	106
Figura 43 Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Spencer..	107
Figura 44 Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Morgenstern & Price	107
Figura 45 Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Sarma.....	108
Figura 46 Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Bishop	108
Figura 47 Descripción de los factores de seguridad sin considerar el efecto del diseño biomecánico y la planta vetiver, utilizando los métodos mencionados.....	109
Figura 48 Pendiente de la sección S-1 teniendo en consideración el diseño biomecánico y la planta vetiver	110
Figura 49 Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Ordinario	111
Figura 50 Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Janbu	111
Figura 51 Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Spencer..	112
Figura 52 Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Morgenstern & Price	112
Figura 53 Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Sarma.....	113
Figura 54 Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Bishop	113
Figura 55 Pendiente de la sección S-2 teniendo en consideración el diseño biomecánico y la planta vetiver	114

Figura 56 Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Ordinario	114
Figura 57 Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Janbu	115
Figura 58 Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Spencer..	115
Figura 59 Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Morgenstern & Price	116
Figura 60 Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Sarma.....	116
Figura 61 Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Bishop	117
Figura 62 Pendiente de la sección S-3 teniendo en consideración el diseño biomecánico y la planta vetiver	117
Figura 63 Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Ordinario	118
Figura 64 Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Janbu	118
Figura 65 Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Spencer..	119
Figura 66 Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Morgenstern & Price	119
Figura 67 Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Sarma.....	120
Figura 68 Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Bishop	120
Figura 69 Descripción de los factores de seguridad considerando el efecto del diseño biomecánico y la planta vetiver, utilizando los métodos mencionados.....	122
Figura 70 Prueba de Wilcoxon para una sola muestra, relacionado con la Hipótesis Específica 1.....	125

Figura 71 Prueba de Wilcoxon de una muestra, de la Hipótesis específica 2	
.....	126

RESUMEN

La investigación propuso el uso del diseño biomecánico con la planta Vetiver como un método para disminuir o controlar los deslizamientos de suelos.

La metodología presentó un enfoque cuantitativo teniendo un diseño de tipo cuasiexperimental, presentando un nivel de alcance correlacional-descriptivo. La población estudiada fue una zona de deslizamiento de suelo de 2644.52 m² en la quebrada Tingoragra de la ciudad de Huánuco, zona donde los derrumbes y deslizamientos son recurrentes, tal como lo demuestran estudios los estudios de defensa civil. La muestra estuvo constituida por secciones S-1, S-2 Y S-3 de la zona de deslizamiento de suelo, seleccionados por un muestreo no probabilístico.

El objetivo principal fue proponer el diseño biomecánico con la planta vetiver como una opción de refuerzo y estabilidad contra los deslizamientos en la quebrada de Tingoragra. Entonces, se calculó el factor de seguridad de la zona de deslizamiento considerando y sin considerar el diseño biomecánico con la planta vetiver, utilizando el software GeoStudio, que se realizó los cálculos correspondientes en el plazo programado, obteniendo resultados de factores de seguridad mediante diversas metodologías reconocidas, tales como las de Ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, Sarma y Bishop.

Al final, de los análisis realizados se obtuvieron los factores de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver oscilaron en la sección S1 entre 1.130 a 1.221; en la sección S2 entre 1.167 a 1.246; y en la sección S3 entre 1.154 a 1.243; y los factores de seguridad considerando el diseño biomecánico con la planta vetiver oscilaron en la sección S1 entre 1.623 a 1.792; en la sección S2, de 1.687 a 1.902; y en la sección S3 entre 1.656 a 1.846, confirmaron un incremento significativo en la estabilidad del terreno gracias al uso del diseño biomecánico combinado con las raíces de la planta vetiver. Estos resultados validaron la efectividad de dicha combinación como solución para el control de deslizamientos en la quebrada de Tingoragra, consolidándose como una alternativa viable para mejorar la estabilidad de

taludes en zonas vulnerables.

Palabras Claves: Diseño biomecánico, Geo Estudio, Estabilidad de Taludes, Deslizamiento de Suelos, Quebrada Tingoragra, Factor de Seguridad, Control de Deslizamientos, Refuerzo, Banquetas, Planta Vetiver.

ABSTRACT

The research proposed the use of biomechanical design with the Vetiver plant as a method to reduce or control landslides.

The methodology presented a quantitative approach having a quasi-experimental type design, presenting a correlational-descriptive level of scope. The population studied was a landslide zone of 2644.52 m² in the Tingoragra ravine in the city of Huánuco, an area where landslides and collapses are recurrent, as demonstrated by civil defense studies. The sample consisted of sections S-1, S-2 and S-3 of the landslide zone, selected by non-probabilistic sampling.

The main objective was to propose biomechanical design with the Vetiver plant as an option for reinforcement and stability against landslides in the Tingoragra Ravine. The safety factor of the sliding zone was then calculated, considering and without considering the biomechanical design with the vetiver plant, using the GeoStudio software, which performed the corresponding calculations within the scheduled time, obtaining safety factor results using various recognized methodologies, such as those of Ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, Sarma and Bishop.

In the end, the analyses carried out yielded the safety factors without considering the biomechanical design and the vetiver plant, which ranged in section S1 between 1,130 and 1,221; in section S2 between 1,167 and 1,246; and in section S3 between 1,154 and 1,243. The safety factors considering the biomechanical design with the vetiver plant ranged in section S1 between 1,623 and 1,792; in section S2 from 1,687 to 1,902; and in section S3 between 1,656 and 1,846, confirming a significant increase in ground stability thanks to the use of biomechanical design combined with vetiver plant roots. These results validated the effectiveness of this combination as a solution for landslide control in the Tingoragra Ravine, consolidating it as a viable alternative to improve slope stability in vulnerable areas

Keywords: Biomechanical design, Geo-study, Slope stability, Soil landslide, Tingoragra ravine, Safety factor, Landslide control, Reinforcement,

Sidewalks, Vetiver plant.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, los deslizamientos de suelos o la remoción de masas han ocurrido, convirtiéndose en un grave problema cuando ponen en riesgo la seguridad de los habitantes de una comunidad específica. La ciudad de Huánuco no es ajena a esta problemática; debido al crecimiento poblacional, se ha generado una demanda urgente de viviendas, muchas de las cuales se construyen en terrenos inadecuados y potencialmente peligrosos. Para enfrentar estos problemas, se han creado diversas técnicas de estabilización destinadas a controlar y prevenir.

El diseño biomecánico aplicado a la estabilidad de suelos y taludes es un enfoque innovador que combina principios de ingeniería con soluciones biológicas para mejorar la resistencia y cohesión del suelo en áreas vulnerables a deslizamientos y erosión. En este contexto, la planta vetiver destaca por su capacidad de fortalecer las propiedades mecánicas del suelo a mayor profundidad con la raíz de estas plantas. Este tipo de diseño no solo mejora la cohesión y la resistencia del suelo, sino que también promueve la sostenibilidad ambiental al integrar elementos naturales en la solución técnica.

Por lo que, esta investigación busca demostrar que la integración de esta planta en la quebrada Tingoragra puede aumentar significativamente la estabilidad de los taludes, ofreciendo una alternativa más ecológica y rentable en comparación con métodos tradicionales de estabilización.

Con lo mencionado anteriormente, esta investigación se planteó el siguiente problema: ¿Cómo se podría estabilizar taludes mediante la aplicación de la propuesta de diseño biomecánico con la planta Vetiver ante el deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023?

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El crecimiento exponencial de la población genera situaciones de viviendas, que muchas veces por necesidad son adecuadas en todo tipo de terrenos, sin considerar si la ubicación del terreno es segura, obviando completamente los parámetros de seguridad con referencia a los eventos naturales que se puedan manifestar.

Se aprecia el incremento de viviendas en donde se hizo la presente investigación, muchas de estas ubicadas en la parte alta de los cerros así como también en quebradas; sin considerar los posibles peligros a futuro, ya que es de conocimiento científico que las quebradas son fenómenos geomorfológicos originados por la falta de resistencia de los suelos ante erosiones producidas por factores naturales como: variaciones de temperatura, escorrentías superficiales y precipitaciones pluviales, etc.; estos factores modifican la estructura mecánica del suelo, lo que a su vez reduce su resistencia.

La efectividad de estos elementos naturales está intrínsecamente relacionada con las características del suelo. En este sentido, una determinada muestra de suelo puede tener mayor resistencia que otra, dependiendo de sus características como la cohesión, peso específico, límite líquido y plástico, contenido de humedad y el ángulo de fricción entre otros. Sin embargo, la raíz del problema señalado en esta investigación radica en las características del suelo mismo; esta se produce fundamentalmente por la resistencia al corte del suelo, lo que puede dar lugar a deslizamientos. Estos fenómenos pueden producirse a corto o largo plazo.

La cuestión de los deslizamientos en los taludes no se vería como un inconveniente si ocurriera en un entorno alejado; lo cual se vuelve un problema cuando este evento natural se produce y atente contra el bienestar de una población, lo que podría acarrear consecuencias devastadoras en

términos físicos, económicos y de pérdida de vidas.

La investigación aborda la problemática de los deslizamientos en la quebrada de Tingoragra, una zona que actualmente alberga poblaciones. En este contexto, la investigación establece un área específica y delimitada como su foco de análisis, donde se manifiestan claramente los fenómenos de deslizamiento de suelos, localizada en la mencionada quebrada de la ciudad de Huánuco.

Es de importancia precisar que no se puede predecir la magnitud y el tiempo para que se pueda manifestar un deslizamiento de talud en la quebrada de Tingoragra; y en todo caso, lo que sí se puede es prevenir y mitigar este evento natural en el futuro, considerando que hay registros de deslizamientos en áreas adyacentes a la zona de estudio.

La investigación tiene como finalidad realizar una propuesta de diseño biomecánico con la planta vetiver para mitigar los posibles deslizamientos de talud a futuro. Se recomienda que las raíces de la mencionada planta se consideren un elemento de refuerzo y control que contribuye a la estabilización de los taludes al actuar como un ligante del suelo

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo se podría estabilizar taludes mediante la aplicación de la propuesta de diseño biomecánico con la planta Vetiver ante el deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cómo se puede determinar que la planta vetiver incrementa la estabilización del talud ante deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023?

¿Cómo se puede determinar que el diseño biomecánico ayuda a mejorar la estabilización del talud ante el deslizamiento de suelos en la

quebrada Tingoragra – Huánuco 2023?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la propuesta de estabilización del talud mediante la aplicación del diseño biomecánico con planta vetiver ante el deslizamiento de suelos en la quebrada de Tingoragra – Huánuco 2023.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar que la planta vetiver incrementa la estabilización de talud ante deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023.

Determinar que el diseño biomecánico ayuda a mejorar la estabilización de talud ante el deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRACTICA

En las laderas y quebradas que rodean la ciudad de Huánuco, se pueden ver casas situadas en áreas de riesgo extremo de deslizamientos de taludes. Estas zonas han sido identificadas y categorizadas de acuerdo con el Plan de Usos del Suelo frente a Desastres y Estrategias de Mitigación de la Ciudad de Huánuco, tal como ocurre en la quebrada Tingoragra (Anexo 4). Esta investigación se justifica de manera práctica al planificar la prevención del riesgo debido al antecedente de derrumbe generado por deslizamientos de suelo en el A.A.H.H. Vía Crucis, ubicada en la quebrada de Tingoragra. Según el Diario Correo (2012), cuatro familias se vieron perjudicadas, 15 personas resultaron damnificadas y cuatro viviendas colapsaron.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Esta investigación trata de implementar las teorías y enfoques para el análisis de la estabilidad de los taludes, además de emplear los principios de la mecánica de suelos y la topografía; y principalmente las teorías y técnicas que utilizan las raíces de la planta vetiver como opción de control y refuerzo del suelo para prevenir deslizamientos. Todo ello enmarcados en modelos matemáticos de análisis de estabilidad, que simulan las condiciones de los suelos y taludes para poder estimar la propuesta de solución. En el ámbito académico el estudio presenta como objetivo de línea de investigación; la estabilización de suelos, taludes, laderas, causas y zonificación geotécnica, comprendida dentro de la línea de investigación de Geotecnia; vinculada al programa académico de ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Esta investigación se justifica de manera metodológica, al aplicar un procedimiento riguroso y sistematizada mediante la metodología cuantitativa, el cual busca lograr consolidarse como un aporte de valor científico para ser considerado como una investigación tentativa de solución a los problemas de inestabilidad de taludes, y que además al ser comparado como otros métodos de estabilización es un proyecto de bajo costo. Ya que describe las posibles alternativas de solución para mitigar el deslizamiento de taludes mediante el refuerzo y/o uso de plantas vetiver mediante su aplicación con un diseño biomecánico; y que finalmente se pueda contar con una alternativa de solución para problemas a futuro.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se mencionan las limitaciones de esta investigación

- Limitación con la bibliografía y antecedentes de estudios respecto a la aplicación del diseño biomecánico y la planta vetiver como medio de refuerzo de estabilización de taludes, ya que en la fecha existen unos

pocos estudios que están desactualizados.

- Limitación en la falta de asesoramiento técnico en referencia a planta vetiver, debido a la falta de expertos técnicos en el control y mantenimiento de la planta mencionada.
- Limitación en la adquisición de la planta vetiver, debido a la falta de invernaderos para su reproducción.
- Limitación en la recolección de muestras de suelo debido a la ausencia de normas y regulaciones técnicas relacionadas con la exploración de suelos para fines de estabilización utilizando plantas.
- Limitación en la elaboración y adecuación de las muestras de suelo considerando el efecto de la planta vetiver, debido a carencias en el procedimiento de control y normativas para preparar muestras de suelo que incluyan las raíces.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Se presenta las siguientes viabilidades de esta investigación:

- Viable como posible contribución teórica en relación con el uso y la implementación de la planta vetiver para la estabilización de taludes en la ciudad de Huánuco, Perú.
- Viable como aporte sostenible a la bioingeniería al no afectar ni producir impacto ambiental negativo; en caso opuesto ofrece beneficios para sostener el medio ambiente.
- Viable en cuanto a la utilización de instrumentos topográficos e instrumentos de mecánica de suelos, ya que en la actualidad existen dichos instrumentos especializados que facilitan los trabajos de exploración de campo y laboratorio, y que a la vez son mucho más precisos a la hora de obtener los resultados requeridos.
- Viable en cuanto al costo económico para su ejecución, ya que la investigación propuesta de estabilización con diseño biomecánico

presenta costos económicos comparados con propuesta de estabilización tradicional con el uso de del concreto y acero.

- Viable en lo que respecta al uso de herramientas informáticas, respaldado por la implementación de programas de software para la ingeniería geotécnica; siendo provechoso para el análisis de estabilidad facilitando que los cálculos complejos tengan como resultados datos concretos y efectivos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Yoza (2017). En su tesis de pregrado *“Diseño de Estabilización Biotécnica de Talud con Geomalla y Especie Vegetal en la Quebrada de Ingapirca de la UNESUM”*, elaborada en la Universidad Estatal del Sur de Manabí en Ecuador, se tuvo como finalidad desarrollar un diseño tentativo para la estabilización biotécnica de taludes mediante el uso de geomalla y especies vegetales (pasto vetiver) en la quebrada de Ingapirca. Se obtuvieron como resultado factores de seguridad superiores que oscilan entre 1.5 y 2.4, así como un diseño adecuado con hileras de vetiver separadas por 1.50 m. Se concluye de dicha investigación que, dado que el factor de seguridad supera el valor de 1.5, se afirma que se logró estabilizar el talud. Las hileras de la planta sembradas contribuyen a la resistencia y previenen la erosión; además, la geomalla instalada sobre el talud evita posibles desprendimientos en caso de que la estabilización con la planta falle.

Tardío (2016). En su tesis de posgrado *“New Tools and Routines for Ecotechnological Slope Stability Analysis”*, desarrollado en la Universidad Politécnica de Madrid. Realizó los análisis de estabilidad con inclinaciones que varía de 45° a 70°, empleando la muestra a la cual se le añadió la planta vetiver de aproximadamente 5 años de edad, así como muestras de suelo que fueron sembradas naturalmente con la planta vetiver durante unos 5 años. Los resultados que se obtuvieron del análisis presentan un valor de 0.89, mientras que el análisis obtenido de las muestras con siembra natural es de 1.01. Se concluye que las muestras con siembra natural presentan un incremento en las tensiones y en el factor de seguridad en comparación con las muestras preparadas.

Rufino (2012). En su tesis de posgrado *“Estudo da Aplicação do*

Vetiver na Melhoria dos Parâmetros de Resistência ao Cisalhamento de Solos em Taludes”, desarrollado en la Universidad Federal de Ouro Preto en Brasil. Se realizaron pruebas de corte directo empleando muestras de suelo natural, tanto con y sin raíces de la planta vetiver cultivadas durante 1, 2 y 3 años. Además, se realizaron pruebas de corte directo a las muestras con y sin la planta vetiver, que fueron sembradas durante 7 años. Posteriormente se realizó un análisis de estabilidad en secciones simuladas de 30° y 45°. Los resultados mostraron que las muestras con planta vetiver presentan un aumento en los parámetros de resistencia a partir de 3 años de siembra. Las muestras iniciales presentaron factores de seguridad que variaron de 3.23 a 3.43 para taludes de 30°, y de 2.71 a 2.80 para taludes de 45°. Se deduce de los resultados que las muestras que contenían vetiver exhibieron un aumento en el factor de seguridad, alcanzando valores de 4.44 a 5.25 en el talud de 30°, y de 2.96 a 3.42 en el talud de 45°.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Chávez (2022). En su trabajo de investigación “*Utilización de Pasto Vetiver (Chrysopogon Zizanioides) como Alternativa para la Estabilización de Taludes*”, desarrollado en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo en Chiclayo. Realizó el análisis de un talud ubicado en el Centro Poblado de Ajipampa en la provincia de Chota, el estudio fue mediante ensayos de DPL en suelos sin y con pasto vetiver sembrados durante un periodo de 4 meses. Posteriormente, se determinó el factor de seguridad utilizando los métodos Spencer y Bishop Simplificado. Los resultados mostraron que, utilizando el método Spencer, el factor de seguridad alcanzó un valor de 1.371 sin la siembra de pasto vetiver y de 1.659 con el pasto vetiver; asimismo, con el método Bishop Simplificado se tuvo un factor de seguridad de 1.374 sin pasto vetiver y de 1.660 con la siembra del pasto vetiver. De esta investigación, se concluyó que la siembra de pasto vetiver aumenta en un 21.01% en el método denominado como Spencer y para el método Bishop de 20.81%. En ambos casos, el incremento supera el valor de 1.5, valor

mínimo requerido para considerar la estabilidad de un talud según norma.

Mas y Morales (2020). En su artículo de investigación *“Implementación de Modelos para la Estabilización de Talud con Hierba Vetiver”*, desarrollado en la Universidad de Lima. Plantearon un modelo para la estabilización de taludes mediante los efectos de la hierba Vetiver. Para ello, se realizó una simulación mediante el software Praxis 2D, en 03 casos con diferentes grados de inclinación de pendiente, de 30°, 45°, y 55°, y diferentes parámetros mecánicos. Como resultado se obtuvo un incremento en el factor de seguridad para cada caso, de 16.8%, 30.7%, y 28.1% respectivamente, siendo el segundo caso el que presentó el mayor aumento. Se concluye que mediante la aplicación de la hierba vetiver se reconoce el mejoramiento en el promedio del factor de seguridad al 22%, además de un aumento proporcional en el factor de cohesión.

Sánchez (2019). En su tesis de pregrado *“Estabilización de Taludes mediante la Técnica de Bioingeniería con Cultivo de Pastos Vetiver en Zonas Tropicales”*, desarrollado en la Universidad Continental de Huancayo. Tuvo como principal objetivo verificar la variación del análisis de un talud por medio de la aplicación de técnicas de bioingeniería en áreas tropicales, por lo que se utilizó cultivo de pastos vetiver. Para ello, se realizaron pruebas de corte directo con muestras sin y con raíces de planta vetiver. El presente estudio de análisis se ejecutó en una pendiente de 36.4°, bajo condiciones estáticas y pseudo-estáticas; en ambos casos con presencia y ausencia de raíces de pasto vetiver. Se obtuvo como resultado que las muestras en condiciones estáticas el factor de seguridad incremento de 0.905 y 0.881 a 1.504 y 1.444 con los métodos Bishop y Janbu respectivamente; asimismo, las muestras en condiciones pseudo-estáticas presentaron un aumento en el factor de seguridad que fue de 0.751 y 0.728 a 1.278 y 1.218 utilizando los mismos métodos. Se concluye que, en condiciones estáticas el incremento promedio del factor de seguridad fue de 66% y en condiciones pseudo-

estáticas el incremento promedio fue de 70%.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Pozo (2021). En su tesis de pregrado "*Propuesta del Sistema vetiver como Control de Deslizamiento de Suelos en la Parte Alta del A.A.H.H. La Florida en la Ciudad de Huánuco – 2019*". Realizó ensayos de corte directo utilizando muestras con la influencia con y sin la planta vetiver; asimismo, hizo un análisis de estabilidad en tres secciones con inclinaciones que van desde los 2.06° hasta 30.11° para la sección de primer análisis, la segunda de 4.81° hasta 32.34 y la tercera de 6.34° hasta 35.88°. Los resultados mostraron que, en las muestras sin influencia de la planta vetiver en donde los factores del análisis son de 1.11 hasta 1.23 en la primera sección, de 1.21 hasta 1.37 en la segunda, y de 1.23 hasta 1.40 en la tercera sección y de acuerdo al método utilizado. Para las muestras influencia de la planta vetiver en donde los factores del análisis son de 2.66 hasta 2.68 en la primera sección, de 2.94 hasta 2.98 en la segunda, y de 3.67 hasta 3.72 en la tercera sección. Se concluye de esta investigación que de acuerdo a las secciones y métodos analizados se observó un aumento en el factor de seguridad, de un 223.24%, 224.54% y 274.39% para la primera, segunda y tercera sección respectivamente, determinando que el sistema vetiver estabilizó el área estudiada.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS MECÁNICOS

Terzaghi (1943). La ingeniería de suelos se refiere a la utilización de principios de mecánica para abordar cuestiones vinculadas a sedimentos y otras masas no consolidadas de partículas sólidas, que se originan a partir de la fragmentación y alteración química de las rocas, ya sea que incluyan o no materia orgánica. La mecánica de suelos abarca un enfoque simplificado del comportamiento de los suelos bajo cargas, considerando las limitaciones actuales de la mecánica de los suelos, la investigación y aplicación de las propiedades físicas de los

suelos para resolver problemas prácticos, integrando conocimientos teóricos y empíricos.

2.2.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS

El análisis granulométrico es una técnica que permite establecer la variación en las medidas de fragmentos en las muestras de suelo es esencial para comprender su conducta y características geotécnicas, así como para clasificar correctamente el tipo de suelo (AASHTO, 2021).

Tabla 1

Lista de Tamices métricos e ingleses para mallas cuadradas

Nº Tamiz Me.	Nº Tamiz In.
75.0 mm	3 in
50.0 mm	2 in
37.5 mm	1 ½ in
25.0 mm	1 in
19.0 mm	¾ in
9.5 mm	3/8 in
4.75 mm	Nº 4
2.36 mm	Nº 8
2.00 mm	Nº 10
1.18 mm	Nº 16
850 µm	Nº 20
600 µm	Nº 30
425 µm	Nº 40
300 µm	Nº 50
250 µm	Nº 60
150 µm	Nº 100
106 µm	Nº 140
75 µm	Nº 200

Nota. Norma Técnica Peruana 139.128 (1999).

La NTP 339.128:1999, describe el procedimiento y los cálculos necesarios para realizar el análisis granulométrico mediante tamizado.

Método de Análisis Granulométrico. La preparación de las

muestras se realiza mediante el triturado y secado de las partículas de suelo. Luego, se cuartea la muestra en 4 porciones similares, de las cuales se eliminan 2 porciones opuestas para obtener una muestra final de aproximadamente 2 kg. Posteriormente, se lava con el tamiz N° 200 para la separación de material fino, se lleva a secar en un horno a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego se pesa. Se realiza el tamizado de la muestra seca que contiene el material grueso, el cual pasa por una serie de tamices, desde el tamiz 3 hasta el tamiz N° 200. A continuación, se mide el peso del material retenido y se calculan los porcentajes correspondientes:

$$\% \text{ Ret.}_n = (\text{Peso Ret.}_n / \text{Peso Material Total}) * 100 \dots\dots\dots (1)$$

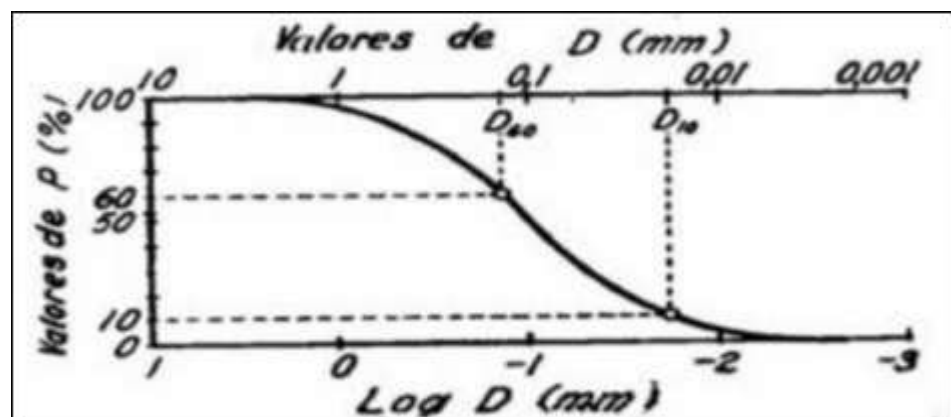
Determinar el porcentaje retenido acumulado sumando los porcentajes retenidos en cada tamiz:

$$\% \text{ Ret. Acum.}_n = \% \text{ Ret. Acum.}_{n-1} + \% \text{ Ret.}_n \dots\dots\dots (2)$$

Las conclusiones se exhiben en un gráfico semilogarítmico a través de una curva granulométrica; en este gráfico, el eje vertical muestra el porcentaje retenido, mientras que el eje horizontal indica el diámetro de las partículas, utilizando escalas aritméticas y logarítmicas, respectivamente, como se ilustra en la figura a continuación.

Figura 1

Curva granulométrica del porcentaje retenido en función al diámetro de partículas de suelo



Nota. Terzaghi & Peck (1948).

Se determina el diámetro correspondiente al 10% del peso total acumulado (D10), al 30% del peso total acumulado (D30) y al 60% del peso total acumulado (D60) para poder calcular el Coeficiente de Uniformidad (Cu) y el Coeficiente de Curvatura (Cc).

$$Cu = D60/D10 \dots\dots\dots (3)$$

$$Cc = (D30)^2 / (D10 * D60) \dots\dots\dots (4)$$

2.2.1.2. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

Bazán (2017), el contenido de humedad se calcula determinando la pérdida de peso de una muestra de suelo húmedo referente a la masa seca del sustrato. Se expresa en términos porcentuales.

El método de ensayo para medir el contenido de humedad en el terreno está estipulado en la norma NTP 339.127:1998.

Método de Ensayo para el Contenido de Humedad. Las muestras deben ser almacenadas en contenedores herméticos con una temperatura de 3 °C y 30 °C, en un área que no tenga exposición directa a los rayos solares. La muestra debe pesar al menos 20 g para que sea considerada representativa.

Tabla 2

Estándares de peso mínimo para ensayos de contenido de humedad

Tamaño superior de partículas (pasa el 100%)	Tamaño malla estándar	Masa mínima de contenidos de humedad al $\pm 0.1 \%$	Masa mínima de contenidos de humedad al $\pm 1 \%$
$\leq 2 \text{ mm}$	Nº10	20 g	20 g
4.75 mm	Nº4	100 g	20 g
9.5 mm	3/8 in	500 g	50 g
19.0 mm	¾ in	2.5 kg	250 g
37.5 mm	1 ½ in	10 kg	1 kg
75.0 mm	3 in	50 kg	5 kg

Nota. Norma Técnica Peruana 339.127 (1999).

La muestra en estado húmedo se separa en porciones de tamaño uniforme y se mide su peso. Posteriormente, se coloca en un horno aproximadamente a una temperatura de 110 ± 5 °C durante aproximadamente un día, tras lo cual se pesa nuevamente para determinar el peso del suelo seco.

Para calcular el peso del agua que contiene la muestra de suelo se emplea la fórmula siguiente:

$$m_w = m_{sw} - m_s \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

m_w : Peso del agua

m_s : Peso de suelo seco

m_{sw} : Peso total del suelo con agua

El contenido de humedad ($w\%$) presente en el suelo se calcula con la siguiente fórmula:

$$W\% = (m_w / m_s) * 100 \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

m_w : Peso del agua

m_s : Peso de suelo seco

2.2.1.3. PLASTICIDAD DEL SUELO

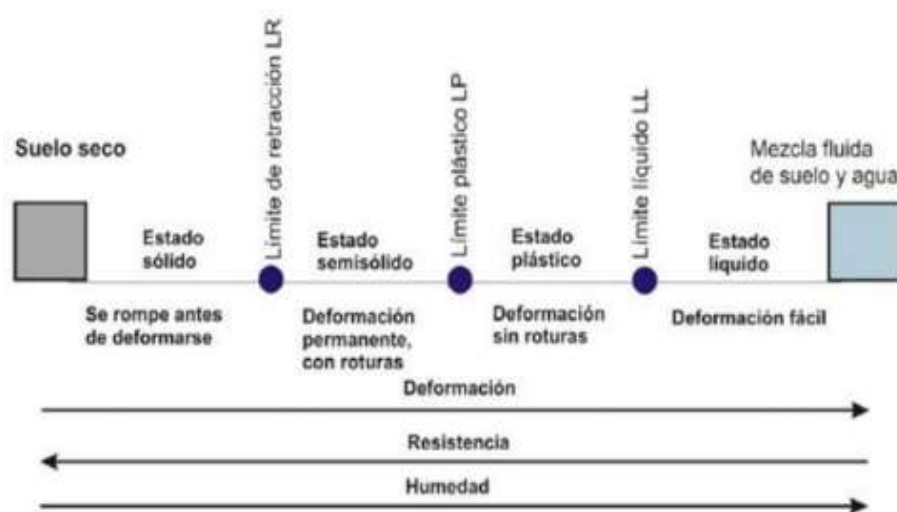
Terzaghi & Peck (1948). La consistencia del suelo se refiere a su capacidad para resistir deformaciones sin romperse, y puede variar según el grado de humedad presente.

Los límites de consistencia, conocidos también como límites de Atterberg, se fundamentan en la constatación de que los suelos finos pueden presentarse en diversos estados naturales, dependiendo de la cantidad de agua y sus propiedades. En su forma seca, el suelo fino tiene una textura áspera y presenta una alta resistencia a la fractura. Al añadir agua, el suelo se humedece

y, aunque mantiene su forma sólida, su resistencia se reduce y adquiere un carácter plástico. Con la adición de más agua, el suelo se convierte en un líquido viscoso con baja resistencia. Una vez que se alcanza el contenido máximo de agua, el suelo se transforma completamente en un líquido sin resistencia (Rabat, 2016).

Figura 2

Esquema de los límites de Atterberg



Nota. Matías (2010).

Método de ensayo para el límite líquido (LL). Se elabora una muestra de entre 150 y 200 g, que se tamiza a través de un tamiz N° 40. Luego, se mezcla con agua destilada para disolver los conglomerados y prevenir que las partículas finas se adhieran a las más grandes.

Se Coloca una cantidad de muestra de suelo en una copa Casagrande previamente graduada y ajustada a una altura de caída de $10\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$, la cual será nivelado y distribuido a una profundidad de aproximadamente 10 mm. Se empleará un cortador para separar la muestra en el recipiente y se comprobará debajo de la copa la ausencia de restos de suelo. Luego la copa se levanta y se suelta a una velocidad aproximada de 1.9 a 2.1 golpes por segundo y se registra la cantidad de golpes efectuados para sellar

la hendidura a una longitud de 12.7 mm o 1/2 pulgada.

La muestra se coloca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C durante aproximadamente un día, después se pesa y se determina el contenido de humedad ($W\%$) utilizando la siguiente ecuación:

$$W\% = (m_w/m_s) * 100 \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

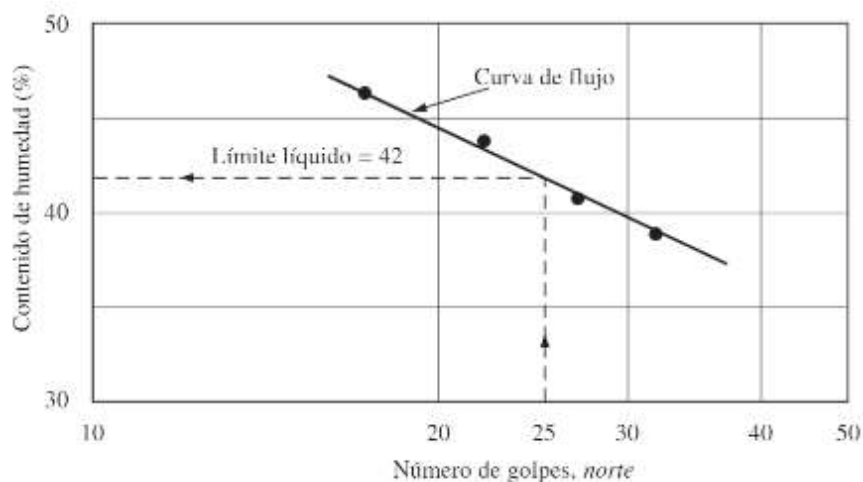
m_w : Peso del agua

m_s : Peso de suelo seco

Para obtener el contenido de humedad, es imprescindible realizar 3 o más repeticiones de la prueba de la copa. Los resultados se presentan en un gráfico semilogarítmico; en este, el eje vertical refleja el contenido de humedad y el eje horizontal indica la cantidad de golpes, empleando escalas aritméticas y logarítmicas respectivamente. Finalmente, se traza una línea de orientación logarítmica en función de los puntos representativos obtenidos en las pruebas, y se determina el límite líquido en relación con el contenido de humedad de esa línea de orientación logarítmica.

Figura 3

Curva de flujo para establecer el límite líquido en función de numero de golpes



Nota. Braja (2013).

Método de ensayo para el límite plástico (LP). Elaborar una muestra de 20 g junto con la muestra de contenido de humedad del ensayo de límite líquido. Formar una bolilla de suelo con 1.5 a 2 g de muestra sobre una base de placa de vidrio, y enrollarla en forma de filamento con un diámetro de aproximadamente 3.2 mm. Realizar este procedimiento repetitivamente hasta que el filamento muestre fisuras y se pesará. Estos filamentos se secarán en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C durante 1 día aproximadamente, para luego ser pesada y calcular el contenido de humedad (W%) mediante la siguiente fórmula:

$$W\% = (m_w/m_s) * 100 \dots\dots\dots (8)$$

Donde:

m_w : Peso del agua

m_s : Peso de suelo seco

Obteniendo el promedio de (W%) para los filamentos se calculará el límite plástico.

Cálculo del Índice de Plasticidad (PI). El índice de plasticidad es la variación entre el límite líquido y el límite plástico.

$$PI = LL - LP \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

PI: Índice de plasticidad

LL: Límite líquido

LP: Límite plástico

Se considerará el suelo como no plástico si no se puede determinar el LL y LP, o cuando $LP \geq LL$.

2.2.1.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Según Braja (2013) Los suelos con propiedades similares pueden organizarse en grupos según sus características mecánicas y su comportamiento en el campo de la ingeniería. Los sistemas de clasificación facilitan una descripción breve de las

diversas características de los suelos. Actualmente se emplean dos sistemas de clasificación de suelos en ingeniería de acuerdo a la distribución granulométrica y la plástica de los cuales mencionaremos a continuación:

- Sistema American Association of State Highway Officials (AASHTO), fue creado en el año 1929 como sistema de clasificación de administración de carreteras en las cuales clasifica al suelo en 7 grupos diferentes : A-1,2 y 3 que son clasificados como muestras granulares (menos del 35% que atraviesa la malla N° 200) y A-4, A-5, A-6 y A-7 (del 35% o más que atraviesa por la malla N° 200).
- Sistema unificado de clasificación de suelo, propuesto por Casagrande en el año 1948 y usado en trabajos de construcción del aeródromo. Actualmente, tiene un amplio uso en el campo de la ingeniería Clasifica el suelo en 2 grupos; suelos de grano grueso (menos del 50% que atraviesa la malla N° 200) y suelos de grano fino (el 50% o más que atraviesa por la malla N° 200).

El método para categorizar el suelo se realizará utilizando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), según lo especificado en la norma NTP 339.134:1999.

Clasificación de partículas gruesas. Se define como partículas gruesas cuando el 50% de una muestra de suelo es retenido en la malla estándar N° 200 (75 μ m). Se categoriza como grava cuando más del 50% de las partículas gruesas son retenidas en la malla estándar N° 4 (4.75 mm), y se clasifica como arena cuando más del 50% de estas partículas logran pasar a través de la malla estándar N° 4 (4.75 mm).

Clasificación de Gravas:

- Grava bien graduada: Se considera de este tipo cuando

menos del 5% del espécimen son finos y pasan a través de la malla estándar N° 200, si el Cu es superior o igual a 4 o el Cc se encuentra dentro del rango de 1 a 3.

- Grava mal graduada: Se considera de este tipo cuando el Cu es inferior a 4 o el Cc no se encuentra dentro del rango de 1 a 3.
- Grava limosa: Se clasifica de esta manera cuando más del 12% de la muestra atraviesa el tamiz estándar N° 200, el índice de plasticidad es menor a 4, o su ubicación en el gráfico de plasticidad se sitúa por debajo de la línea A.
- Grava arcillosa: Se clasifica de esta manera cuando el índice de plasticidad es mayor que 7 y su ubicación en el gráfico de plasticidad se encuentra en o por encima de la línea A

Clasificación de Arenas:

- Arena bien graduada: Se considera de este tipo cuando menos del 5 % del espécimen son finos y pasan a través de la malla estándar N° 200, si el Cu es igual o superior a 6, o el Cc se encuentra dentro del rango de 1 y 3.
- Arena mal graduada: Se considera de este tipo cuando el Cu es inferior a 6 o el Cc no se encuentra dentro del rango de 1 a 3).
- Arena limosa: Se clasifica de este modo cuando más del 12% de la muestra atraviesa la malla estándar N° 200, el índice de plasticidad es menor a 4, o si se sitúa en la gráfica de plasticidad por debajo de la línea A.
- Arena arcillosa: Se clasifica de esta manera cuando el índice de plasticidad es mayor a 7 y su ubicación en el gráfico de plasticidad se encuentra en o por encima de la línea A.

Clasificación de gravas-arenas:

- El suelo tendrá doble clasificación cuando se encuentra entre el 5% y 12% y el espécimen pasa a través de la malla estándar N° 200.

Clasificación de partículas finas. Se clasifica como partículas finas cuando más de la mitad de la muestra atraviesa la malla estándar N° 200 (75 μ m); Si el suelo tiene un color oscuro y olor orgánico se deberá llevar a cabo un segundo ensayo para determinar el LL, se lleva a cabo un segundo ensayo del espécimen previamente secado en un horno a temperatura de 110 ± 5 °C durante 1 día aproximadamente.

Clasificación orgánica:

- Limo orgánico: Se clasifica en esta categoría cuando el límite líquido (LL) es menor al 50%, el índice de plasticidad (IP) es inferior a 4, o si se encuentra por debajo de la línea A en el diagrama de plasticidad. Además, la relación entre el LL seco y el LL debe ser menor a 0.75.
- Arcilla limosa orgánica: Se clasifica en esta categoría cuando el índice de plasticidad (IP) supera 7 y cuando se sitúa en la carta de plasticidad, ya sea en la línea A o por encima de ella.
- Limo orgánico de media plasticidad: Se clasifica en esta categoría cuando el límite líquido (LL) es igual o mayor al 50%, su ubicación en la carta de plasticidad se encuentra por debajo de la línea A y la proporción entre el límite líquido seco y el límite líquido es menor a 0.75.
- Arcilla orgánica de alta plasticidad: Se clasifica en esta categoría si se encuentra en la carta de plasticidad en o por encima de la línea A

Clasificación de inorgánicos:

- Limo: Se considera de este tipo cuando el LL es inferior al 50%, el IP es inferior a 4 o si su posición en la carta de plasticidad está por debajo de la línea A.
- Arcilla de baja plasticidad: Se considera de este tipo cuando el IP es superior a 7 o si su posición en la carta de plasticidad está en o sobre la línea A.
- Limo elástico: Se considera de este tipo cuando el LL es igual o superior al 50% o si su posición en la carta de plasticidad está por debajo de la línea A.
- Arcilla de alta plasticidad: Se considera de este tipo si su posición en la carta de plasticidad está en o sobre la línea A.

Clasificación de orgánicos e inorgánicos:

- Es considerado como Arcilla limosa cuando el IP en un suelo inorgánico se encuentra entre 4 a 7, o si su posición en la carta de plasticidad está en o por encima de la línea A. Asimismo, si la muestra es un suelo orgánico con características similares se clasifica como arcilla orgánica.

Clasificación de turba o suelos altamente orgánicos. Es considerado de este tipo cuando el espécimen contiene restos de vegetación en estado de desintegración, textura fibrosa a amorfa, tonalidad que fluctúa entre un marrón profundo y negro, acompañada de un aroma a materia orgánica.

2.2.1.5. PESO ESPECÍFICO DEL SUELO

El peso específico es la relación entre el peso húmedo y el volumen de un suelo (Terzaghi & Peck, 1948). El cálculo del peso específico se lleva a cabo mediante métodos estándar que, primero, determinan la densidad, al multiplicar la densidad por la gravedad, se obtiene el peso específico.

La norma NTP 339.131:1999 proporciona el guía para determinar la densidad del suelo.

Método densidad de suelo por picnómetro. Para determinar el peso de la masa (m_w), a partir de una muestra de suelo con humedad natural, se extrae una porción de muestra y se tritura.

Pese un frasco vacío graduado, luego llénelo con agua destilada y péselo nuevamente. Este proceso calcula la masa de agua (m_a) contenida en frasco o fiola.

En un frasco, colocar la muestra de suelo, llenarla con agua y mezclar para obtener una mezcla homogénea. Si hay presencia de burbujas de aire, deben eliminarse. Luego, agregar agua hasta llenar la capacidad de la fiola. Finalmente, se realiza la medición del peso y se descuenta el peso del frasco para determinar la masa del agua y del suelo (m_{aw}).

Para calcular la densidad del agua a una T° determinada (ρ_{at°), se mide la T° del agua mezclada y se compara con los valores de la tabla de densidades de agua de la norma ASTM D854.

Por último, se establece la densidad del suelo utilizando la siguiente fórmula:

$$\rho_s = (\rho_{at^\circ}) * (m_w / m_a + m_w - m_{aw}) \dots\dots\dots (10)$$

Cálculo del Peso específico. La fuerza gravitacional cambia según la ubicación geodésica de un punto, la cual se puede determinar utilizando un gravímetro o utilizando la ecuación que calcula la aceleración de la gravedad local.

$$G_L = G_E (1 + A * \sin^2(\phi) - B * \sin^2(\phi)) - (3.086 * 10^{-6} * H) \dots\dots\dots (11)$$

Donde:

G_L : Gravedad local

G_E : Representa la aceleración de gravedad (9.780318 m/s^2)

A: Aplastamiento gravitacional (0.0053024)

B: Factor de corrección (0.0000058)

Φ : Latitud ($^\circ$)

H: Altitud (msnm)

Para calcular el peso específico (γ_s), se utilizará la siguiente fórmula:

$$\gamma_s = \rho_s * g \dots\dots\dots (12)$$

Donde:

ρ_s : Densidad del suelo

g: Gravedad, la cual puede calculada utilizando los valores de la gravedad local o la gravedad estándar (9.80665 m/s^2).

2.2.1.6. RESISTENCIA CORTANTE DEL SUELO

Braja (2013). La resistencia cortante del suelo es la capacidad del suelo para resistir la falla y el deslizamiento en cualquier plano interno, medida en términos de fuerza por unidad de área.

La norma NTP 339.171: establece procedimiento estandarizado para llevar a cabo ensayos de corte directo bajo condiciones consolidadas drenadas de un suelo, lo que permite evaluar la resistencia al corte del suelo y comparar de resultados en distintos estudios.

Consolidación. Combinar una muestra de suelo con agua destilada e insertar la mezcla en un anillo de corte directo (cuadrado), cuyas medidas son L1, L2 y L3, que se emplea para llenar el anillo.

Colocar la segunda mitad de la caja sobre la primera para ensamblarla y asegurar ambas partes. Luego, colocar una piedra porosa y papel filtro en la base de la caja ensamblada. Después, trasladar sobre la caja de corte la muestra del anillo de corte directo y, colocar en la parte superior un papel filtro, una piedra permeable y el émbolo de presión.

Colocar la caja de corte en el dispositivo de corte directo, asegurar, nivelar el brazo de carga axial vertical, calibrar el dial de deformación vertical y llenar la caja con agua destilada. Finalmente, Añadir la carga para compactar la muestra.

La consolidación es un procedimiento que implica la reducción del volumen del suelo mediante la aplicación de una carga axial vertical, permitiendo la eliminación del agua y aumentando su firmeza y resistencia en el suelo. Este proceso se monitorea mediante el dial de deformación vertical hasta alcanzar la estabilidad.

Documentar el proceso de consolidación de las muestras (M1, M2, M3) junto con sus pesos aumentados en (W1, W2, W3), con el fin de representar gráficamente la curva de consolidación de la deformación vertical d_v con el logaritmo del tiempo ($\log t_v$).

Finalmente, determinar la velocidad de corte requerida para inducir la falla en la muestra:

$$V_c = d_f / t_f \dots\dots\dots (13)$$

Donde:

V_c = Velocidad de movimiento para el corte.

d_f = desplazamiento horizontal calculado hasta el punto de falla ($0.1(L_1)$).

t_f = Tiempo estimado hasta la falla ($50 (t_{50})$).

Corte Directo. Se quitan los tornillos de sujeción y se separan las dos mitades de la caja de corte, creando un espacio de aproximadamente 0.025 pulgadas. Se ejercen las fuerzas de corte (F_x) a una velocidad específica (V_c), y se registran las lecturas del indicador de deformación horizontal (D_x) y del indicador de corte (D_c).

Las fuerzas de corte (F_x) Se determinan empleando la medición del indicador de corte (D_c) y los coeficientes de regresión A y B propios de la máquina de corte directo utilizada. Además, se computan las fuerzas axiales (F_y) mediante la siguiente fórmula:

$$F_y = W * g \dots\dots\dots (14)$$

Donde:

F_y : Fuerzas axiales

W: Peso vertical

g: Gravedad ejercida

Para calcular área corregida se utilizará la siguiente formula:

$$A_{\text{Corregida}} = L_1 * (L_2 - dx) \dots\dots\dots (15)$$

Para calcular el esfuerzo cortante se utilizará la siguiente fórmula:

$$\tau = F_x / A_{\text{corregida}} \dots\dots\dots (16)$$

Para calcular el esfuerzo normal se utilizará la siguiente fórmula:

$$\sigma = F_y / A_{\text{corregida}} \dots\dots\dots (17)$$

Se lleva a cabo la prueba de corte en las muestras consolidadas y se elabora un gráfico de la deformación (dx) en función del esfuerzo cortante (τ) para las muestras (M1, M2, M3).

Cálculo de la Cohesión y el Angulo de Fricción Interna.

Mediante la ecuación de Mohr-Coulomb, se ajusta una línea de tendencia, utilizando los esfuerzos máximos de corte y los esfuerzos normales, lo que posibilita calcular los valores de cohesión (c) y el ángulo de fricción (ϕ).

$$\tau = (\tan \phi) \sigma + c \dots\dots\dots (18)$$

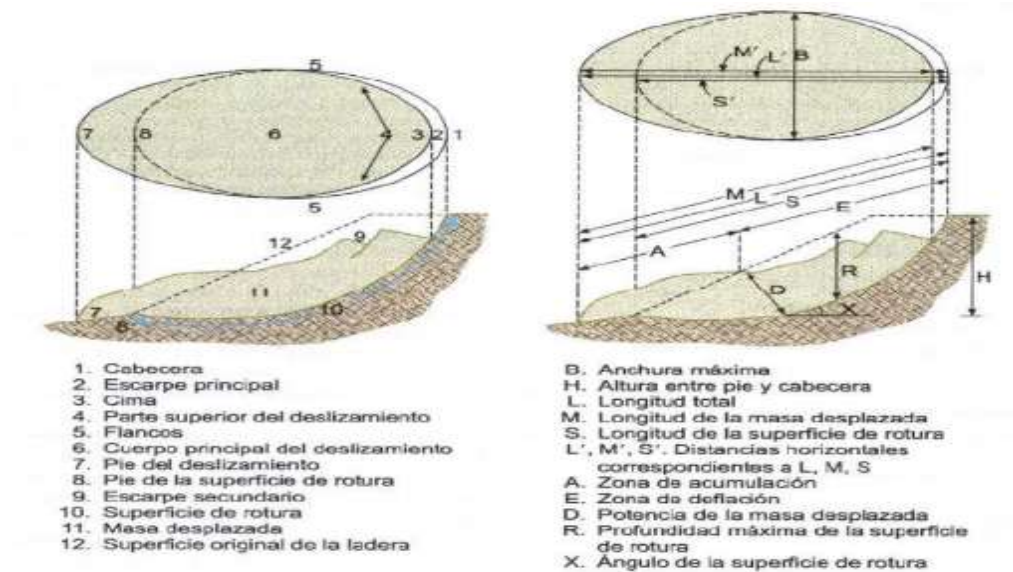
2.2.2. DESLIZAMIENTO DE SUELOS

Corominas y García (1997), definen a los deslizamientos como el movimiento descendente de masas de tierra o rocas en pendientes causado por la fuerza de gravedad, afectando a los materiales de laderas y escarpes. Se considera todo tipo de movimiento en masa como desplazamiento, pero se excluye a la erosión del suelo como es el caso del hundimiento kárstico y subsidencia (Fernández, 2001).

La Asociación Internacional de Geología Aplicada a la Ingeniería ha creado terminologías para caracterizar los componentes de los deslizamientos, tomando en cuenta factores morfológicos y morfométricos (ver Figura 4), lo que destaca la importancia de la zona de ruptura en el análisis de la susceptibilidad (Figura 5).

Figura 4

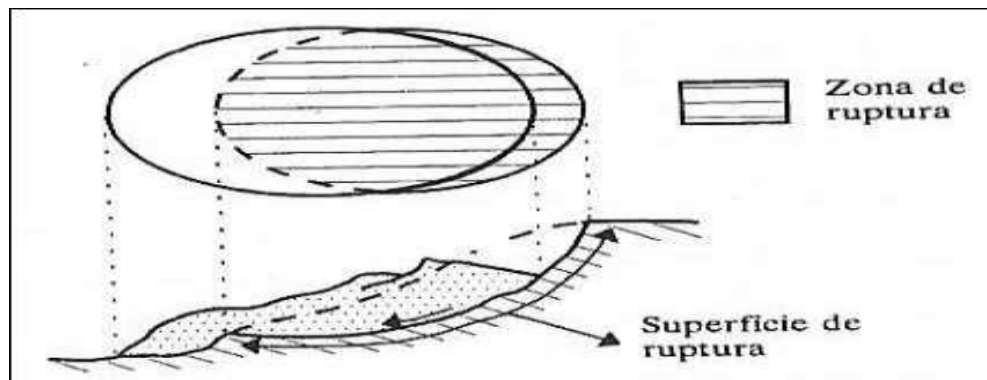
Factores morfológicos y morfométricos de un deslizamiento



Nota. González et al. (2002).

Figura 5

Zona de ruptura en un movimiento de masa



Nota. Chacón et al. (1993).

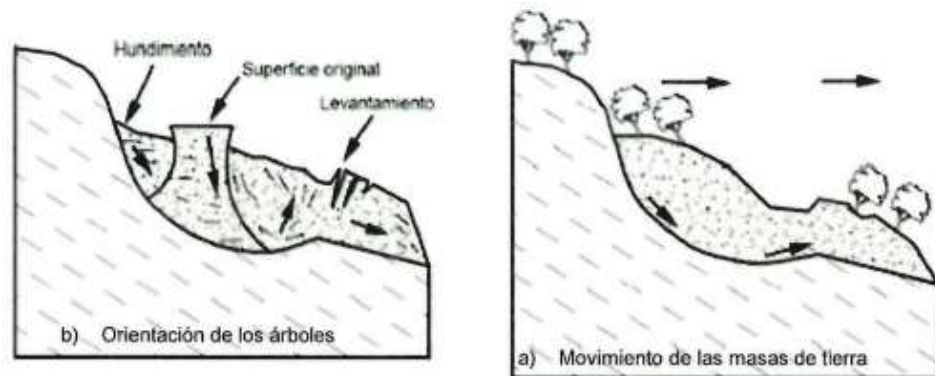
2.2.2.1. DESLIZAMIENTOS ROTACIONALES

Los deslizamientos rotacionales se producen cuando hay una fractura a lo largo de una superficie curva y cóncava, lo que resulta en un giro del terreno alrededor de un eje ubicado por encima del centro de gravedad de la masa que se desplaza. Esto ocasiona que el material en la parte superior se incline hacia la ladera, creando depresiones que pueden acumular agua y facilitar nuevas reactivaciones. Este fenómeno es característico de suelos

cohesivos homogéneos y rocas fracturadas, y puede transformarse en un deslizamiento de tierra en materiales arcillosos que contienen agua. Una vez que se generan, los deslizamientos rotacionales tienen una alta probabilidad de reactivarse. Aunque el movimiento tiende a estabilizarse gracias a la reducción del momento de giro y el incremento del momento estabilizador, cualquier alteración en las condiciones piezométricas o la remoción del pie puede dar lugar a una nueva inestabilidad. (Monteros, 2012).

Figura 6

Deslizamiento rotacional típico

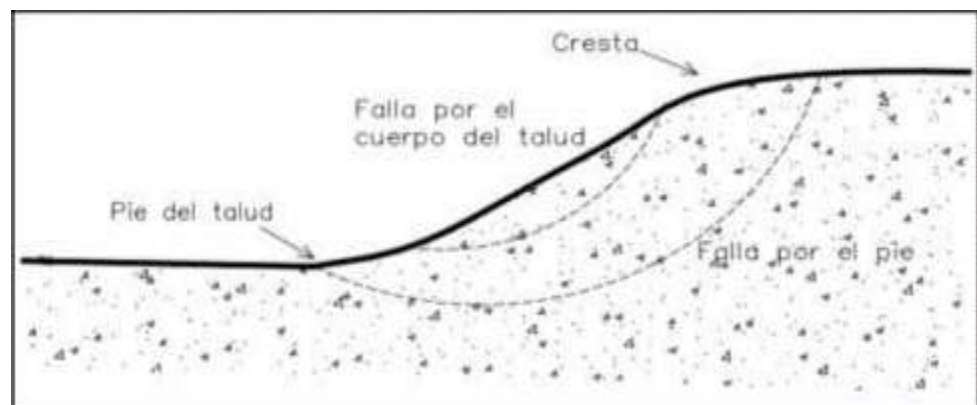


Nota. Suarez (1998).

Las fallas por giro se clasifican según la ubicación del borde rotante de la masa. Pueden ser fallas locales, originándose dentro del cuerpo del talud, o fallas en la base, afectando el terreno de apoyo del talud.

Figura 7

Fallas en la base del deslizamiento rotacional



Nota. Suarez (1998).

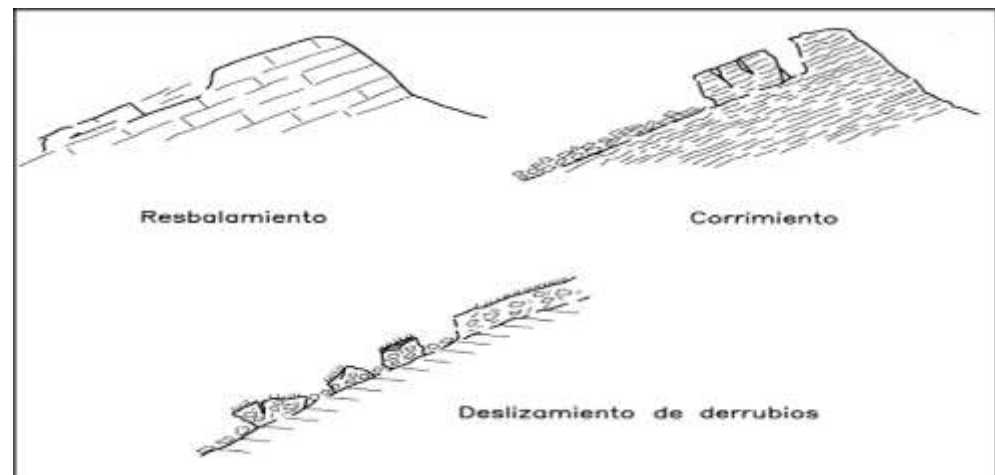
2.2.2.2. DESLIZAMIENTOS TRASLACIONALES

Monteros (2012). El deslizamiento traslacional se produce a lo largo de una superficie de ruptura que puede ser plana o en forma de ondulaciones, permitiendo que la masa que se desliza siga avanzando por la ladera, con partes que se mueven a la misma velocidad y mantienen trayectorias paralelas.

Monteros (2012). Los deslizamientos traslacionales se dividen en tres categorías: los que ocurren con bloques de suelo o roca que apenas se fragmentan se llaman deslizamientos planos; si la superficie de ruptura está compuesta por dos planos que obligan a la masa rocosa a moverse a lo largo de la línea de intersección, se genera un deslizamiento en cuña; por otro lado, los deslizamientos que se caracterizan por la descomposición de la masa en su descenso se denominan corrimientos. Además, los deslizamientos provocados por el fallo por cizalla en suelos no cohesivos de partículas gruesas se conocen como deslizamientos de derrubios.

Figura 8

Deslizamientos traslacionales



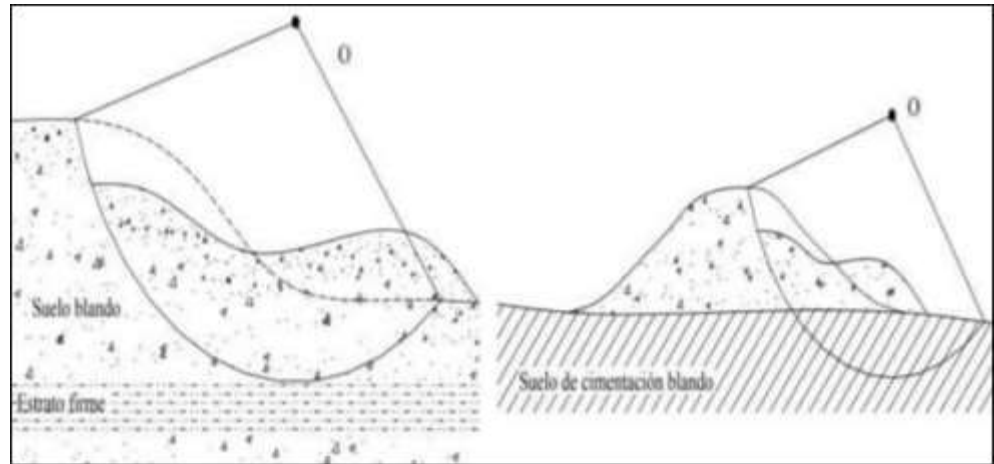
Nota. Suarez (1998).

Los deslizamientos traslacionales se caracterizan por fallas planas que involucran el movimiento de la masa del talud, que generalmente están vinculadas a capas de baja resistencia situadas cerca de la superficie. La formación de fallas se produce

sobre estratos más resistentes, lo que genera grietas curvas en la superficie exterior (García, 1966).

Figura 9

Deslizamientos de tipo traslacional



Nota. Suarez (1998).

2.2.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Sanhueza y Rodríguez (2013). En su estudio “*Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales*”, el objetivo principal del análisis de estabilidad en taludes y laderas es de evaluar el nivel de seguridad y, en consecuencia, implementar medidas correctivas y de estabilización para prevenir movimientos de masas.

El *factor* o coeficiente de seguridad es un parámetro clave para evaluar la estabilidad, un indicador reconocido en diversos campos científicos, para medir la estabilidad de sistemas y estructuras.

El factor de seguridad mide el grado de seguridad entre la resistencia a la rotura y el esfuerzo sometido en condiciones críticas (Safráñez, 2012).

$$F_s = \text{Resistencia Máxima} / \text{Esfuerzo Sometido} \dots\dots\dots (19)$$

La Norma CE.020. Suelos y taludes, determina que el valor mínimo del factor de *seguridad* debe ser 1.5 bajo condiciones estáticas para ser

un talud estable y apto para el desarrollo urbano.

2.2.3.1. TEORÍA DEL EQUILIBRIO LÍMITE Y CRITERIO DE MOHR-COULOMB

La teoría del equilibrio límite sostiene que la falla del talud se manifiesta cuando la masa de suelo superior se desplaza en relación con la masa inferior, a lo largo de una línea que define la superficie de rotura (Sanhueza y Rodríguez, 2013).

El equilibrio límite analiza la estabilidad de un talud considerado como un cuerpo rígido sobre una superficie de deslizamiento de diversas formas, como una línea recta, un arco circular o una curva, con el objetivo de Determinar las fuerzas de corte y confrontarlas con la resistencia existente mediante el criterio de Mohr-Coulomb (Sanhueza y Rodríguez, 2013).

El criterio de Mohr-Coulomb es un modelo matemático que explica el proceso de falla en el suelo, donde la rotura de un terreno se produce por corte y no por fragmentación, dando lugar a la pérdida de capacidad de resistencia del suelo y formándose una superficie de deslizamiento (Sanhueza y Rodríguez, 2013).

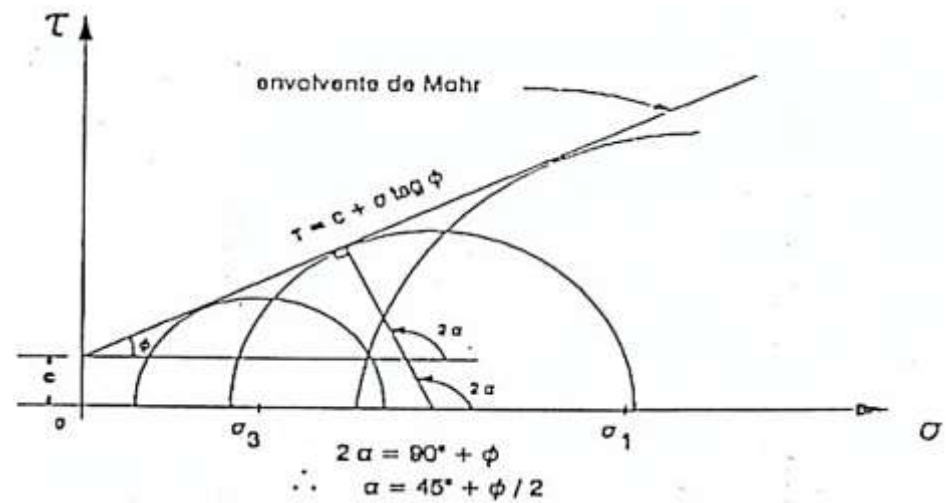
El índice de seguridad se obtiene al confrontar la resistencia al corte del terreno (S) con la tensión cortante o tangencial que se aplica (τ).

$$F_s = S / \tau \dots\dots (20)$$

De acuerdo con la fórmula de Mohr-Coulomb, la tensión cortante presente (τ) se vincula a la tensión normal (σ) y está afectada por los parámetros de cohesión (c) y el ángulo de fricción del suelo (ϕ)

Figura 10

Representación de la envolvente de Mohr-Coulomb en el plano de tensiones normal y tangencial



Nota. Melentijevic (2005)

$$\tau = f(\sigma) \dots\dots (21)$$

$$\tau = c + \sigma * \tan \phi \dots\dots (22)$$

En el caso de las tensiones totales, la resistencia al corte del suelo (S) se iguala a la tensión cortante (τ) de Mohr-Coulomb, lo que se deriva de la ecuación 22:

$$S = c + \sigma * \tan \phi \dots\dots (23)$$

De la ecuación 23 en 20, resulta:

$$\tau = c + \sigma * \tan \phi / F_s \dots\dots (24)$$

$$\tau = c / F_s + \sigma * \tan \phi / F_s \dots\dots (25)$$

La cohesión (c_d) y ángulo de fricción (ϕ_d) que se resulta de los ensayos de corte directo, se formula de la siguiente manera:

$$c_d = c / F_s \dots\dots (26)$$

$$\tan \phi_d = \tan \phi / F_s \dots\dots (27)$$

De las ecuaciones 27 y 26 en 25, resulta:

$$\tau = c_d + \sigma * \tan \phi_d \dots\dots\dots (28)$$

La tensión al corte actuante (τ) se expresa en términos de la cohesión (c_h), el ángulo de fricción efectiva (ϕ_f) y la presión del agua en los poros (u).

$$\tau = [c_h + (\sigma - u) * \tan \phi_f] / F_s \dots\dots\dots (29)$$

La figura 11, ilustra el deslizamiento redondeado, con un análisis de equilibrio de momentos en torno al centro del círculo, dicho equilibrio (M_d) se establece como:

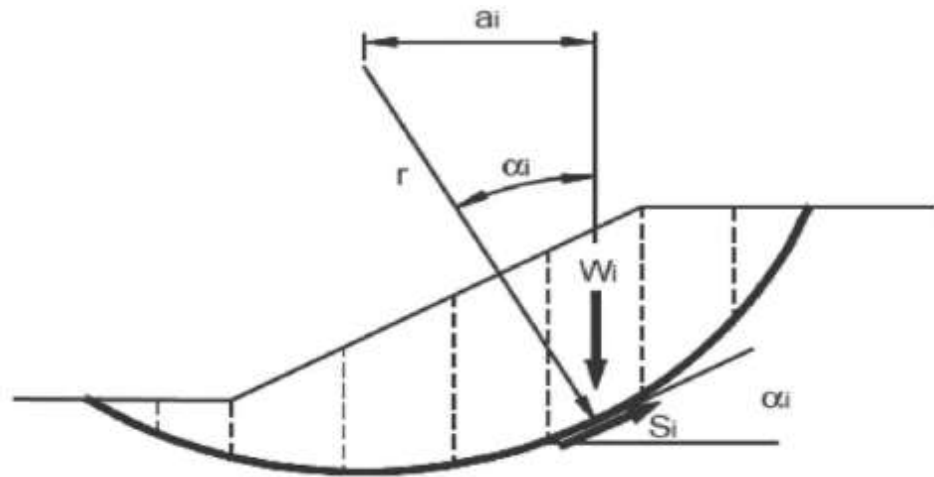
$$M_d = \sum W_i * a_i \dots\dots\dots (30)$$

La relación de la distancia (a_i) respecto al radio (r):

$$a_i = r * \text{sen } \alpha_i \dots\dots\dots (31)$$

Figura 11

Sección de deslizamiento redondeado dividido



Nota. Duncan y Wright (2014).

A partir de la ecuación 31 en 30, se deriva:

$$M_d = r * \sum W_i * \text{sen } \alpha_i \dots\dots\dots (32)$$

Se calcula el momento de la resistencia total al corte (M_r):

$$M_r = \sum S_i * r \dots\dots\dots (33)$$

La resistencia al corte (S_i) de una rebanada del suelo se obtiene del producto de la tensión de corte (τ_i) y el área de base (Δl_i):

$$S_i = \tau_i * \Delta l_i \dots\dots\dots (34)$$

De la ecuación 34 en 33, se obtiene:

$$M_r = r * \sum \tau_i * \Delta l_i \dots\dots\dots (35)$$

De la ecuación 20 en 35, se obtiene:

$$M_r = r * \sum S_i / F_s * \Delta l_i \dots\dots\dots (36)$$

A partir de la relación de las ecuaciones 32 y 36, resulta:

$$F_s = (\sum S_i * \Delta l_i) / (\sum W_i * \text{sen } \alpha_i) \dots\dots\dots (37)$$

Dado que los valores dentro de la suma corresponden a cantidades por segmento o sección, se agregan a lo largo de todos los sectores; entonces la ecuación 37 se expresa de la siguiente forma:

$$F_s = (\sum S * \Delta l) / (\sum W * \text{sen } \alpha) \dots\dots\dots (38)$$

A partir de la ecuación 23 en 38, se obtiene la ecuación que representa el equilibrio estático de momentos en torno al centro redondeado:

$$F_s = [\sum (c + \sigma * \tan \phi) * \Delta l] / (\sum W * \text{sen } \alpha) \dots\dots\dots (39)$$

De la ecuación 39, si ϕ es igual a 0, resulta:

$$F_s = (\sum c * \Delta l) / (\sum W * \text{sen } \alpha) \dots\dots\dots (40)$$

2.2.3.2. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Los métodos de análisis de estabilidad se basan en un

enfoque fisicomatemático que permite identificar las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras que actúan sobre el talud, Fundamentándose en la teoría del equilibrio límite, que analiza la estabilidad de una masa susceptible de inestabilidad, se comparan las fuerzas que inducen el desplazamiento con las fuerzas que oponen resistencia en la superficie de falla, utilizando el criterio de Mohr-Coulomb y el factor de seguridad (Sanhueza y Rodríguez, 2013).

Esta investigación aborda seis métodos para analizar la estabilidad de taludes:

- Método Ordinario.
- Método de Janbu.
- Método Spencer.
- Método Morgenstern & Price.
- Método de Sarma.
- Método de Bishop.

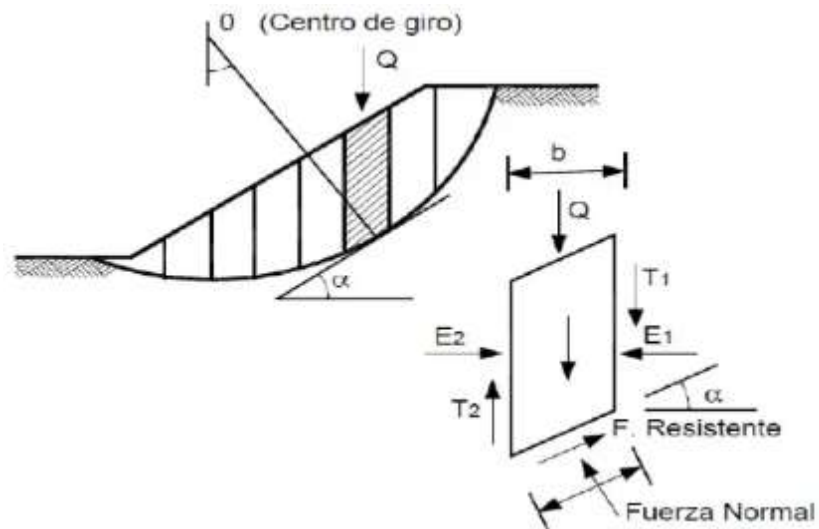
Método Ordinario. El método también conocido como El método de Fellenius considera superficies de fallo en forma circular y segmenta el área de fallo en secciones verticales. Para cada sección, evalúa las fuerzas que actúan y las fuerzas resultantes, y al sumar los momentos respecto al centro del círculo creado por estas fuerzas, se obtiene el factor de seguridad. Sin embargo, este método solo asegura el equilibrio de momentos, sin garantizar el equilibrio de fuerzas (Estrada y Soberanis, 2014).

Los enfoques para el análisis de estabilidad se elaboran a partir de un marco fisicomatemático en el que se identifican las fuerzas que estabilizan y desestabilizan el talud. Estos enfoques se sustentan en la teoría del equilibrio límite, que estudia el balance de una masa que podría volverse inestable. Se compara la fuerza que impulsa el movimiento de la masa con aquellas fuerzas que resisten dicho movimiento a lo largo de la superficie de falla,

aplicando el criterio de Mohr-Coulomb y estableciendo el factor de seguridad (Sanhueza y Rodríguez, 2012).

Figura 12

Fuerzas que actúan en una dovela



Nota. Duncan y Wright (2014).

Al analizar las fuerzas que actúan de manera perpendicular al cimiento de la sección, la fuerza normal (N) se representa:

$$N = W * \cos \alpha \dots\dots\dots (41)$$

La tensión normal (σ) en la parte inferior de un bloque se calcula dividiendo la fuerza normal (N) por el área de la base del bloque (Δl):

$$\sigma = W * \cos \alpha / \Delta l \dots\dots\dots (42)$$

Sustituyendo la ecuación 42 en 39, se deriva la ecuación para el factor de seguridad (Fs) en términos de tensiones totales, considerando la resistencia al corte del suelo (S), resultando:

$$Fs = [\sum (c * \Delta l + W * \cos \alpha * \tan \phi)] / (\sum W * \sin \alpha) \dots\dots\dots (43)$$

La ecuación 39 establece que, teniendo en cuenta la resistencia al corte del suelo (S) en relación con los esfuerzos efectivos, el factor de seguridad (Fs) es:

$$F_s = [\sum (c_h + \sigma_e * \tan \phi_f) * \Delta l] / \sum W * \sin \alpha \dots\dots\dots (44)$$

La tensión normal efectiva (σ_e) se calcula como la diferencia entre la tensión normal (σ) y la presión del agua (u):

$$\sigma_e = \sigma - u \dots\dots\dots (45)$$

Sustituyendo la ecuación 42 en 45, resulta:

$$\sigma_e = (W * \cos \alpha / \Delta l) - u \dots\dots\dots (46)$$

El factor de seguridad se obtiene sustituyendo la ecuación 46 en la 44, utilizando el método ordinario para esfuerzos efectivos, resultando:

$$F_s = \sum [c_h * \Delta l + (W * \cos \alpha - u * \Delta l) * \tan \phi_f] / \sum W * \sin \alpha \dots\dots\dots (47)$$

Para demostrar esto, consideremos el peso de los bloques, que se puede representar de la siguiente manera:

$$W = \gamma * h * b \dots\dots\dots (48)$$

La relación entre el ancho de la división (b) y la longitud de la división (Δl) se expresa como:

$$b = \Delta l * \cos \alpha \dots\dots\dots (49)$$

Sustituyendo la ecuación 49 en 48, se obtiene:

$$W = \gamma * h * \Delta l * \cos \alpha \dots\dots\dots (50)$$

Sustituyendo la ecuación 50 en 47, se obtiene:

$$F_s = \sum [c_h * \Delta l + (\gamma * h * \cos^2 \alpha - u) * \Delta l * \tan \phi_f] / \sum W * \sin \alpha \dots\dots\dots (51)$$

Sustituyendo la ecuación 50 en 46, se obtiene:

$$c_h / \gamma * h = \cos^2 \alpha - (u / \gamma * h) \dots\dots\dots (52)$$

Al analizar la ecuación 33, se determina que si la presión de

poros (u) es un tercio de la presión total de sobrecarga ($\gamma \cdot h$), el ángulo de inclinación de la superficie de deslizamiento (α) se establece en 60° , resultando en una tensión normal efectiva negativa. Esto significa que la ecuación 51 dará resultados negativos cuando la presión de agua en los poros y el ángulo de inclinación sean altos. Sin embargo, al considerar el peso efectivo y calcular las fuerzas perpendiculares a la base, se obtiene una mejor representación del factor de seguridad.

La ecuación para el peso efectivo (w_e) de la rebanada es:

$$w_e = W - u \cdot b \dots\dots\dots (53)$$

La ecuación para la fuerza normal efectiva (N_e) es:

$$N_e = w_e \cdot \cos \alpha \dots\dots\dots (54)$$

Sustituyendo las ecuaciones 49 y 54, en 53 se obtiene:

$$N_e = W \cdot \cos \alpha - u \cdot \Delta l \cdot \cos^2 \alpha \dots\dots\dots (55)$$

La tensión normal efectiva (σ_e), es el resultante de la división entre la fuerza normal efectiva (N_e) y el área de la base de la rebanada (Δl), obteniendo:

$$\sigma_e = (W \cdot \cos \alpha / \Delta l) - \cos^2 \alpha \dots\dots\dots (56)$$

Finalmente, utilizando el Método Ordinario, se calcula el factor de seguridad a partir de la ecuación 56 en 44. Las tensiones efectivas en la superficie de deslizamiento no resultan negativas si la presión de poros (u) es menor que la presión total de sobrecarga ($\gamma \cdot h$).

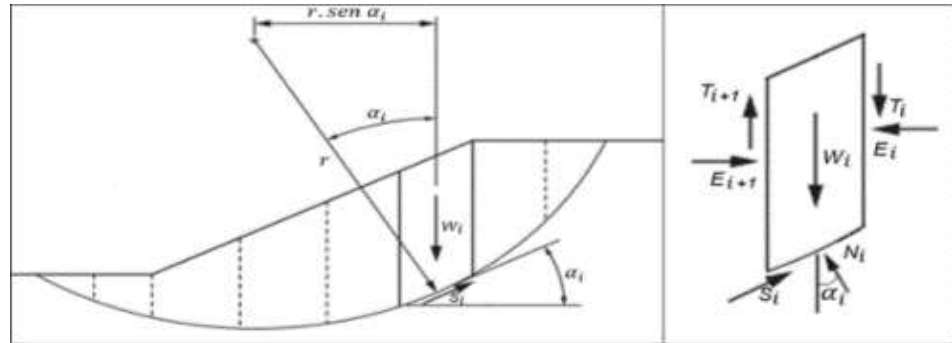
$$F_s = \sum [c_h \cdot \Delta l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot \Delta l \cdot \cos^2 \alpha) \cdot \tan \phi_f] / \sum W \cdot \sin \alpha \dots\dots\dots (57)$$

Método Janbu. Este método ayuda a calcular el factor de seguridad del suelo cohesivo-friccionante, considerando la sobrecarga en el talud, las grietas de tensión y las condiciones

hidráulicas. Sin embargo, aunque incluye la fuerza horizontal entre dovelas, no toma en cuenta la fuerza de corte (Deméneghi, 2006).

Figura 13

Acciones de la i-ésima rebanada según las hipótesis de Janbu

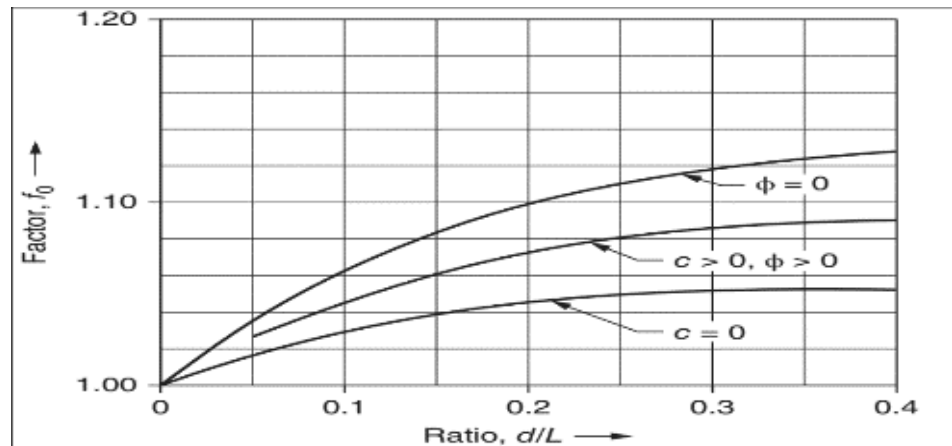


Nota. Duncan y Wright (2014).

La solución derivada de este método no satisface completamente el equilibrio de momentos, especialmente en el bloque final. Para mitigar esta limitación, Janbu propone un factor de corrección (f_o)

Figura 14

Diagrama para determinar el Factor f_o en función del ratio para el Método Janbu



Nota. Duncan y Wright, 2014

De la ecuación 23, resulta:

$$S_i = c * \Delta l_i + N_i * \tan \phi \dots\dots\dots (58)$$

De la ecuación 59, resulta:

$$S_i = (c * \Delta l_i / Fs) + (N_i * \tan \phi / Fs) \dots\dots\dots (59)$$

Al realizar el equilibrio de fuerzas verticales, resulta:

$$W_i + T_i - T_{i+1} = N_i * \cos \alpha_i + S_i * \sin \alpha_i \dots\dots\dots (60)$$

Sustituyendo la ecuación 60 en 61, resulta:

$$W_i + \Delta T = N_i * \cos \alpha_i + [(c * \Delta l_i / Fs) + (N_i * \tan \phi) / Fs] * \sin \alpha_i \dots\dots\dots (61)$$

Despejando en función de N_i , resulta:

$$N_i = [W_i + \Delta T - (c * \Delta l_i / Fs) * \sin \alpha_i] / [\cos \alpha_i + (\tan \phi / Fs) * \sin \alpha_i] \dots\dots\dots (62)$$

Al llevar a cabo el equilibrio de momentos, resulta:

$$\sum W_i * r * \sin \alpha_i = \sum S_i * r \dots\dots\dots (63)$$

Sustituyendo las ecuaciones 60 y 62 en la ecuación 63, a partir del factor de seguridad, resulta:

$$Fs = (\sum c * b_i + W_{ia} \tan \phi + \Delta T * \tan \phi / \sum W_i * r * \sin \alpha_i) * (1/m \alpha_i) \dots\dots\dots (64)$$

Donde $m \alpha_i$ representa un factor que se expresa como:

$$m \alpha_i = \cos \alpha_i + (\tan \phi * \sin \alpha_i / Fs) \dots\dots\dots (65)$$

Por simplicidad:

$$\Delta T = 0$$

$$W_{ia} = W_{i-u} * b_i$$

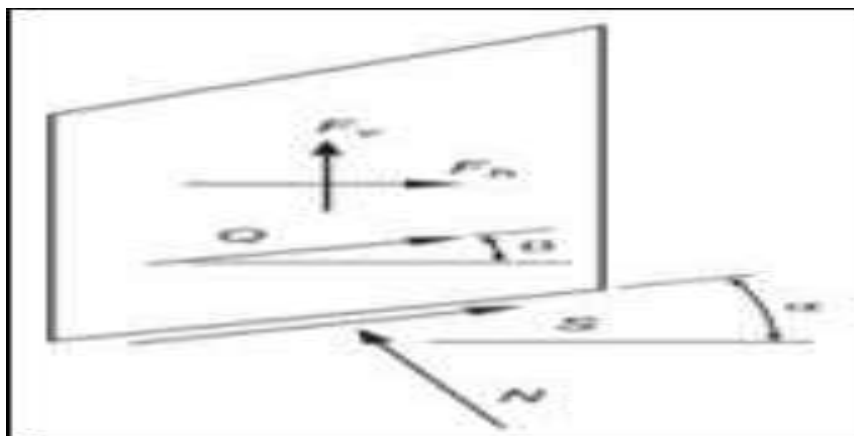
$$Fs = [f_0 * \sum c * b_i + (W_{ia} - u * b_i) * \tan \phi * (1/\cos \alpha_i * m \alpha_i)] / \sum W_i * r * \tan \alpha_i \dots\dots\dots (66)$$

Método Spencer. El Método de Spencer es una estrategia que tiene en cuenta el equilibrio de momentos y fuerzas. Se

fundamenta en supuestos más realistas, lo que facilita un análisis detallado y un cálculo preciso del Factor de Seguridad de un talud, apoyándose en la Teoría de las secciones. Con el paso del tiempo, ha demostrado su exactitud y su relevancia para diversas geometrías de talud y tipos de suelo (Suárez, 1998).

Figura 15

Fuerzas ejercidas sobre las dovelas en el método Spencer



Nota. Duncan y Wright (2014).

Spencer desarrolló inicialmente su método para analizar superficies de deslizamiento circulares, aunque este enfoque se puede ajustar sin dificultad a superficies que no son circulares. En su metodología, se consideran dos ecuaciones de equilibrio: el equilibrio de fuerzas y el de momentos, que se aplican a toda la masa del suelo que interviene en los cortes. Estas ecuaciones sirven para calcular el factor de seguridad y la inclinación de la fuerza entre cortes (θ).

La ecuación que representa el equilibrio de fuerzas se expresa de la siguiente manera:

$$\sum Q_i = 0 \dots\dots\dots (67)$$

Donde Q_i representa:

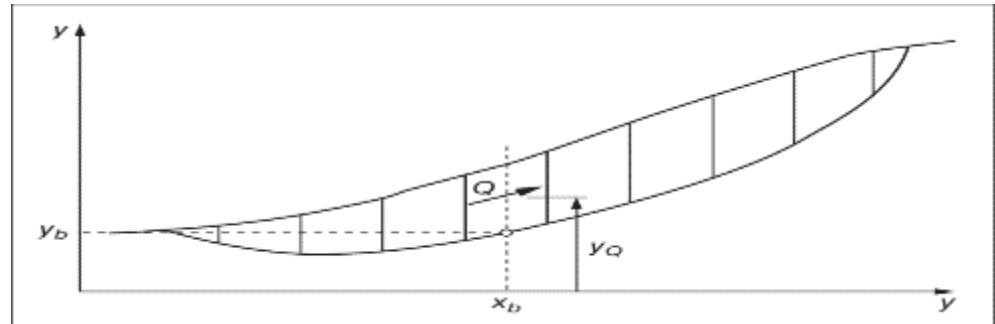
$$Q_i = Z_i - Z_{i-1} \dots\dots\dots (68)$$

La suma de momentos se puede realizar respecto a cualquier punto. Se tomará la coordenada ($x = 0$; $y = 0$) de un sistema de

coordenadas cartesianas como punto de referencia para evaluar el equilibrio de momentos.

Figura 16

Coordenadas en la superficie de falla del Método Spencer



Nota. Duncan y Wright, 2014.

El momento de equilibrio se representa de la siguiente manera:

$$\sum Q * (x_b * \text{sen } \theta - y_Q * \text{cos } \theta) = 0 \dots\dots\dots (69)$$

Donde:

x_b = Coordenada horizontal del centro de la base.

y_Q = Coordenada vertical del punto en dirección de la fuerza Q, sobre el centro de la base del corte.

Se formula la ecuación donde M_0 representa el momento ejercido por una fuerza en el centro de la base de la rebanada:

$$Y_Q = y_b + (M_0/Q * \text{cos } \theta) \dots\dots\dots (70)$$

De la ecuación 71 en 70, resulta:

$$\sum Q * [x_b * \text{sen } \theta - y_b * \text{cos } \theta + (M_0/Q)] = 0 \dots\dots\dots (71)$$

Las ecuaciones de equilibrio, son expresadas como:

$$N + F_v * \text{cos } \alpha - F_h * \text{sen } \alpha - Q * \text{sen } (\alpha - \theta) = 0 \dots\dots\dots (72)$$

$$N + F_v * \text{sen } \alpha - F_h * \text{cos } \alpha - Q * \text{cos } (\alpha - \theta) = 0 \dots\dots\dots (73)$$

Donde:

F_h = Fuerzas horizontales

F_v = fuerzas verticales, que incluye el peso de la sección, las fuerzas sísmicas, así como las fuerzas de las cargas en la superficie y de soporte.

La ecuación de Mohr-Coulomb describe la resistencia al corte en función de los esfuerzos efectivos.

$$S = 1/F_s * [c_h * \Delta l + (N - u * \Delta l) * \tan \phi_f] \dots\dots\dots (74)$$

A partir de las ecuaciones 72 y 73 en 74, se deriva la ecuación en términos de Q:

$$Q = [(-F_v * \sin \alpha - F_h * \cos \alpha - (c_h * \Delta l / F_s) + F_v * \cos \alpha - F_h * \sin \alpha + u * \Delta l) * \tan \phi_f / F_s] / [\cos (\alpha - \theta) + (\sin (\alpha - \theta) * \tan \phi_f / F_s)] \dots\dots\dots (75)$$

De la ecuación 75 en 67, se obtiene:

$$\sum [(-F_v * \sin \alpha - F_h * \cos \alpha - (c_h * \Delta l / F_s) + F_v * \cos \alpha - F_h * \sin \alpha + u * \Delta l) * (\tan \phi_f / F_s) / \cos (\alpha - \theta) + (\sin (\alpha - \theta) * \tan \phi_f / F_s)] = 0 \dots\dots\dots (76)$$

De la ecuación 75 en 71, se obtiene

$$\sum [(-F_v * \sin \alpha - F_h * \cos \alpha - (c_h * \Delta l / F_s) + F_v * \cos \alpha - F_h * \sin \alpha + u * \Delta l) * (\tan \phi_f / F_s) / \cos (\alpha - \theta) + (\sin (\alpha - \theta) * \tan \phi_f / F_s)] * (x_b * \sin \alpha - y_b * \cos \theta) + M_o = 0 \dots\dots\dots (77)$$

Sin la influencia de fuerzas como las cargas sísmicas, las cargas en la superficie de la pendiente o las fuerzas internas generadas por el refuerzo, se considera:

$$M_o = 0$$

$$y_Q = y_b$$

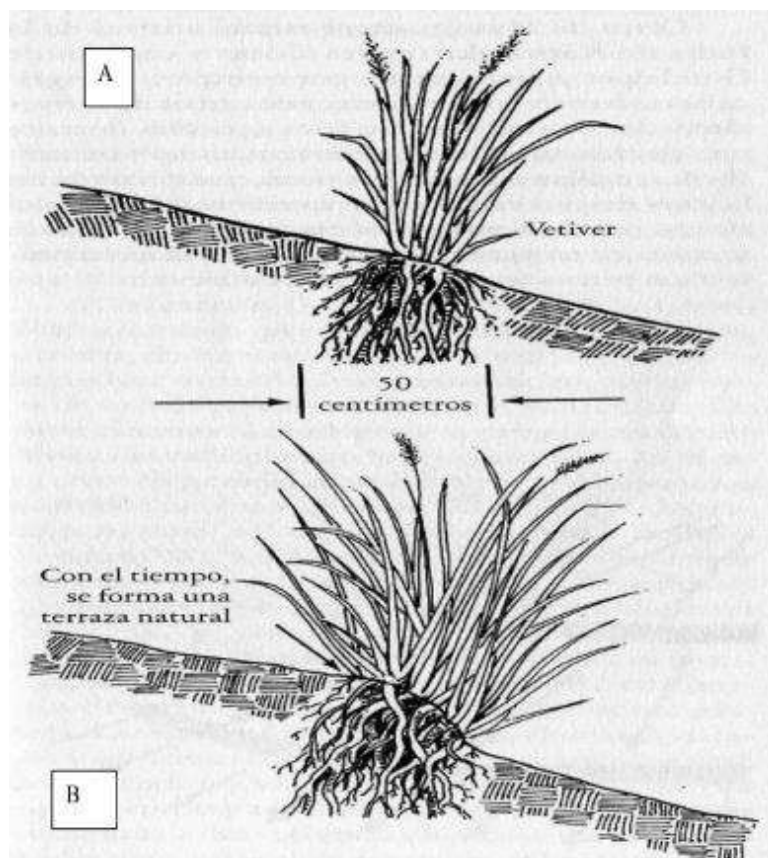
2.2.4. PLANTA VETIVER

La planta vetiver, de nombre científico *Chrysopogon zizanioides*, es una planta de la familia de las gramíneas. Son una opción eficaz para la protección del suelo, el fortalecimiento de estructuras, la estabilización de laderas y la prevención de desastres, así como para la conservación del medio ambiente. Dada su efectividad y facilidad de uso, está ganando atención para su implementación en Perú y regiones de América Latina (Mays, 2018).

La planta Vetiver se utiliza en bioingeniería para estabilizar taludes, controlar la erosión del suelo y restaurar paisajes, entre otras aplicaciones (Sangalli, 2008).

Figura 17

Sistema vegetal planta Vetiver



Nota. Alegre (2017).

El pasto vetiver es una gramínea perenne que puede alcanzar entre 1,5 y 2 metros de altura, con un sistema radicular muy denso y profundo,

originario del sur de India. Sus raíces son resistentes y profundas, formando un sistema de sujeción natural que ayuda a estabilizar los terraplenes (Chong & Chu, 2007).

Gracias a su capacidad para agregar el suelo mediante su sistema de raíces, el pasto vetiver se ha utilizado ampliamente para combatir la erosión, mejorando la consolidación físico-mecánica del suelo y aumentando la resistencia al corte a través de las interacciones entre el suelo y las raíces, lo que ayuda a prevenir deslizamientos superficiales (Goldsmith, 2006).

2.2.4.1. PROPIEDADES DE LA PLANTA VETIVER

La planta vetiver posee múltiples características, destacándose entre ellas sus atributos morfológicos, fisiológicos, hidráulicos y mecánicos.

A. Propiedades Morfológicas. Nasrin (2013). El pasto vetiver no presenta estolones y sus rizomas son muy cortos, tiene un sistema radicular bien estructurado que puede crecer rápidamente, alcanzando profundidades de 3 a 4 metros en su primer año en condiciones adecuadas. Esta profundidad en las raíces le otorga a la planta de vetiver una notable tolerancia a la sequía y la hace resistente a ser desarraigada por corrientes fuertes.

Los tallos del vetiver son rígidos y erectos, capaces de soportar corrientes de agua relativamente profundas y posee una alta resistencia a plagas, enfermedades e incendios, y al plantarse en grupos forma un seto denso que actúa como un eficaz filtro de sedimentos y distribuidor de agua (Nasrin, 2013).

B. Propiedades Fisiológicas. Nasrin (2013). El vetiver tolera condiciones climáticas extremas, como sequías prolongadas, inundaciones, inmersión y temperaturas que oscilan entre -22 °C y 60 °C. Tiene la capacidad de recuperarse fácilmente tras sufrir

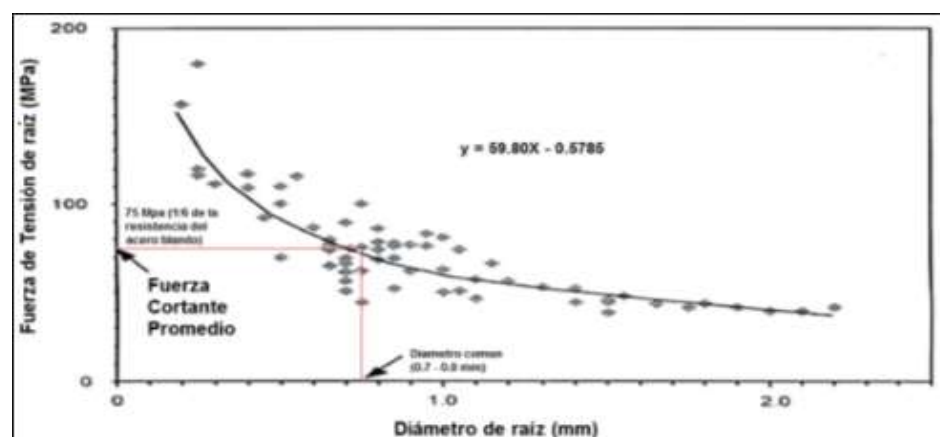
sequías, heladas y salinidad; además, tolera un amplio rango de pH del suelo, que va de 3,0 a 10,5, y presenta un alto nivel de resistencia a herbicidas y pesticidas. Es muy eficiente en la absorción de nutrientes disueltos y metales pesados en aguas contaminadas, y también es capaz de tolerar medios de cultivo con altos niveles de acidez, alcalinidad, salinidad, sodicidad y magnesio; y resistente a metales pesados como Al, Mn, As, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg, Se y Zn en el suelo.

C. Propiedades Hidráulicas. Investigaciones llevadas a cabo por la Universidad de Southern Queensland (Australia) Se llevaron a cabo ensayos hidráulicos en canales con planta de vetiver, donde se observó una disminución en las velocidades de flujo, lo que restringe el desplazamiento del suelo y disminuye la erosión. Los resultados mostraron que la planta vetiver puede resistir condiciones de flujo con inundación de hasta 3.5 m/s en ríos y hasta 5 m/s en canales de drenaje.

D. Propiedades Mecánicas. Hengchaovanich y Nilaweera (1996). Las raíces de vetiver tienen alta resistencia a la tracción, que disminuye a medida que aumenta el diámetro, con diámetros de 0,7-0,8 mm para una tensión de 75 MPa, y 40 MPa y 180 MPa para diámetros de 0,2-2,2 mm (ver Figura 18). Además, las raíces de vetiver son más resistentes a otras especies vegetales, alcanzando una tensión que excede 1/6 de la tensión del acero blando (ver Tabla 3).

Figura 18

Tensión y fuerza de corte de la raíz del Vetiver



Nota. Hengchaovanich & Nilaweera (1996).

Tabla 3

Fuerzas de tensión de rotura de raíces de especies vegetales

Nombre botánico	Nombre común	Fuerza de tensión
<i>Salix sp.</i>	Sauce	9-36 MPa
<i>Populus sp.</i>	Alamos	5-38 MPa
<i>Alnus sp.</i>	Alisos	4-74 MPa
<i>Pseudotsuga sp.</i>	Abeto de Douglas	19-61 MPa
<i>Hacer sacharinum</i>	Arce plateado	15-30 MPa
<i>Tsuga heterophylla</i>	Cicuta del oeste	27 MPa
<i>Vaccinum sp.</i>	Gaylussacia	16 MPa
<i>Hordeum vulgare</i>	Cebada	15-31 MPa
	Zacate, hierbas	2-20 MPa
	Musgo	2-7 kPa
<i>Vetiveria zizanioides</i>	Pasto vetiver	40-180 MPa

Nota. Hengchaovanich & Nilaweera (1996).

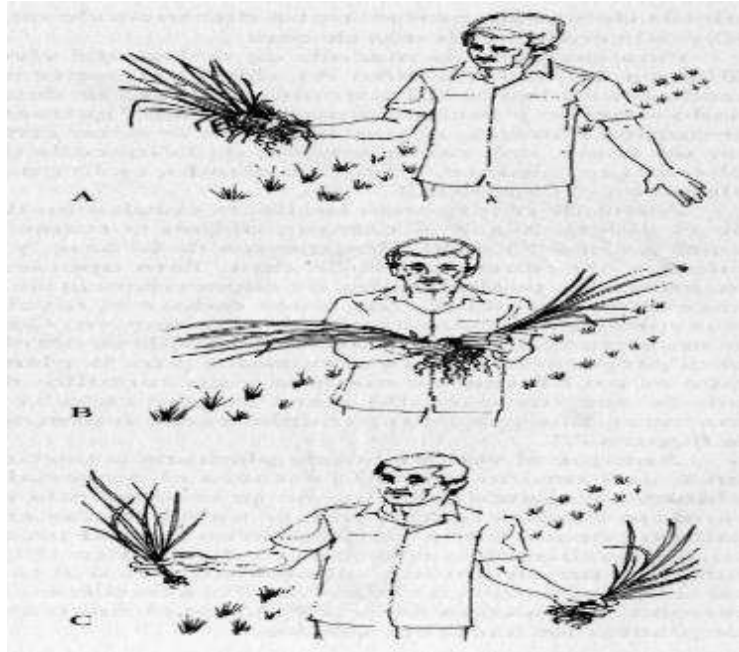
2.2.4.2. PROPAGACIÓN DE LA PLANTA VETIVER

La Red Internacional del Vetiver (2009), la implementación efectiva de la planta vetiver requiere una gran cantidad de plantas de alta calidad, para lo que existen cuatro métodos de propagación.

A. Separación de Plantas para Producir Esquejes a Raíz Desnuda. Este procedimiento consiste en dividir brotes de una planta madre, garantizando que cada esqueje cuente con 2-3 brotes y una parte de la corona, con una longitud de 20 cm.

Figura 19

Separación de esquejes para la siembra de vetiver



Nota. Alegre (2017).

Para estimular el crecimiento y mantener la salud de los esquejes antes de su plantación, se recomienda sumergirlos en solución de hormonas de enraizamiento, estiércol líquido, lodo de arcilla o agua.

B. Unión de Partes de Plantas. Este método implica la unión de tres componentes clave de la planta: los brotes (vástagos), la corona (zona de unión entre raíces y brotes) y el culmo (tallo o caña) de la planta.

Figura 20

Componente de la planta vetiver



Nota. Red internacional Vetiver (2009).

Se seleccionan cañas envejecidas de la planta vetiver, las cuales se cortan en secciones de 3 a 5 cm de longitud, asegurándose de que cada sección incluya de 1 a 2 cm por debajo de los nudos. Además, se eligen brotes maduros con 3 a 4 hojas bien desarrolladas y se toma la parte superior de la corona madura. Se elabora una solución de jacinto de agua que contiene diversas hormonas y reguladores del crecimiento, como ácido giberélico y varios compuestos de ácido indolacético. Finalmente, se ensamblan las partes de la planta y se aplica la solución como fertilizante para el injerto.

C. Multiplicación de Yemas. Implica realizar la propagación de la planta vetiver a gran escala en un entorno líquido, donde se promueve el desarrollo de yemas laterales, se incrementa la producción de nuevos brotes, se favorece su enraizamiento y se estimula el crecimiento en condiciones de sombra.

D. Cultivo de Tejido. Consiste en la propagación a gran escala de la planta utilizando tejidos específicos, que abarcan la punta de la raíz, flores inmaduras de la inflorescencia y tejidos de las yemas en los nudos de la planta de vetiver. Este método es habitual en el sector hortícola; aunque los procedimientos pueden diferir, el cultivo de tejidos implica tomar una pequeña muestra de tejido y cultivarla en un medio especializado en condiciones estériles. Posteriormente, las micro plantas obtenidas se trasladan a medios adecuados hasta que se desarrollen por completo en plántulas jóvenes.

2.2.4.3. IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA VETIVER

Con el fin de implementar la planta vetiver es necesario considerar algunas especificaciones técnicas en el trazado, siembra y mantenimiento.

A. Especificaciones Técnicas del Trazado

- El diseño máximo debe ser de 1:1 o Angulo de 45°, En otras palabras, en las inclinaciones, la altura no puede superar la longitud de la base.
- El primer tramo debe de plantarse en la parte superior de los taludes que tengan una altura superior a 1.5 m.
- La fila inferior debe plantarse en la base o en el fondo del talud, donde se puede crear una zanja para el drenaje.
- La planta vetiver debe ser sembrado de manera vertical, sin tener en cuenta la inclinación, siguiendo las líneas de las curvas de nivel. La distancia vertical (IV) dependerá de la pendiente del terreno (ver Tabla 4) y la distancia horizontal entre planta y planta varia de 15 a 20 cm (ver Figura 21).

Tabla 4

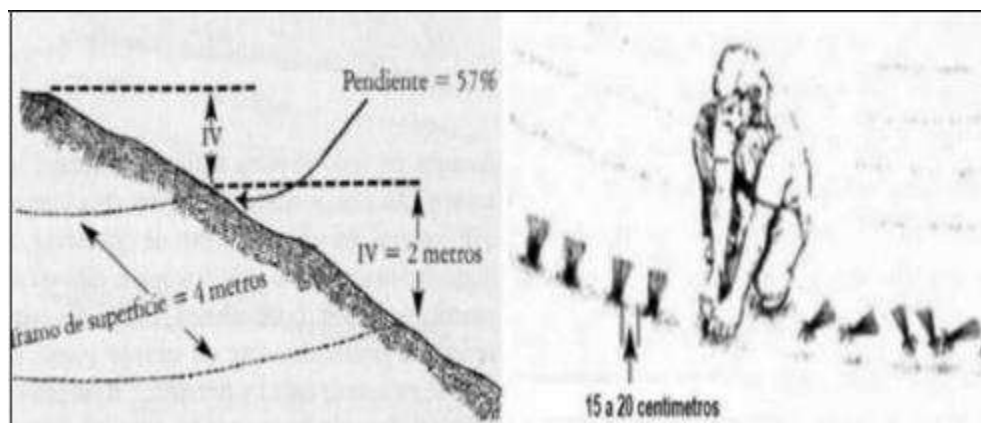
Diseño de la distancia vertical de la planta vetiver en función de la inclinación

Inclinación		Propuesta	Distancias Verticales
Grados	Porcentaje		
1°	1.7%	1 - 57.20	57.30 m
2°	3.5%	1 - 28.60	28.60 m
3°	5.3%	1 - 19.10	19.10 m
4°	7.0%	1 - 14.30	14.30 m
5°	8.8%	1 - 11.40	11.50 m
10°	17.6%	1 - 5.70	5.80 m
15°	27.0%	1 - 3.70	4.00 m
20°	36.4%	1 - 2.80	3.00 m
25°	46.1%	1 - 2.10	2.40 m
30°	57.7%	1 - 1.70	2.00 m
35°	70.0%	1 - 1.40	1.70 m
40°	84.0%	1 - 1.20	1.60 m
45°	100.0%	1 - 1.00	1.40 m

Nota. Red Internacional del Vetiver (2009).

Figura 21

Separación horizontal y vertical para la siembra de la planta vetiver



Nota. Red internacional del Vetiver (2009).

B. Especificaciones Técnicas para la siembra de la planta vetiver

- Se sugiere plantar durante la temporada de lluvias o de lo contrario, planificar un riego especializado.
- Excavar surcos de 15 a 20 cm de ancho y profundidad para plantar los esquejes.
- Con el objetivo de realizar un cultivo a gran escala y teniendo en cuenta que los suelos podrían no ser fértiles, se recomienda emplear plantas que se han cultivado en recipientes (como bolsas) para garantizar un establecimiento ágil.
- Por recomendación se debe incorporar una adecuada combinación de tierra y abono orgánico.
- Recubrir y compactar las raíces de manera firme con estratos de tierra de 2 a 4 cm.
- Se debe utilizar fertilizantes que contengan nitrógeno y fósforo a razón de 100 g por metro de fila. En suelos con sulfatos ácidos, puede ser necesaria la misma cantidad de cal.
- Con el fin de minimizar el control de malas hierbas en la fase de establecimiento, se pueden emplear herbicidas pre-emergentes.

C. Especificaciones Técnica para la Conservación Adecuada

- En zonas secas y áridas, tras la siembra se recomienda regar diariamente durante 14 días. Posteriormente, el riego debe realizarse de manera gradual, dos veces por semana, hasta que las plantas alcancen su etapa adulta, momento en el cual no requerirán riegos adicionales.
- Durante el primer mes tras la siembra, es fundamental retirar y replantar las plantas que hayan sido mal sembradas. Además, se aconseja realizar un seguimiento constante para asegurar un crecimiento óptimo.
- Es importante controlar las malas hierbas, especialmente aquellas plantas que trepan o se enrollan. Durante su primer año, se recomienda no utilizar herbicidas, ya que estos compuestos pueden dañar a la planta.
- Después de transcurridos los primeros cinco meses, es importante realizar podas de forma regular; las plantas de vetiver deben ser cortadas a una altura de entre 15 y 20 cm. Este método promueve el crecimiento de nuevos brotes desde la base, reduce el volumen de hojas y disminuye la acumulación de materia seca, ayudando a prevenir incendios.
- Durante la fase de establecimiento, es necesario proteger la siembra para brindarle resguardo.

2.2.5. OBRAS BIOMECÁNICAS

2.2.5.1. TRINCHOS

Los trinchos en Guadua son obstáculos que se aplican mediante técnicas de estabilización en el fondo de las cárcavas, con el fin de reducir la escorrentía y retener los sedimentos arrastrados por las aguas (Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola, 2001).

Con el pasar del tiempo el suelo retenido en los trinchos

conforman pequeñas terrazas que reducen la inclinación y longitud de la pendiente.

Los trinchos están compuestos por la cortina y el vertedero:

- La cortina no debe ser mayor que 1.5 m; si es de mayor altura, se requiere un material más sólido que la guadua. Además, el manejo de las aguas no retenidas en el trincho que pasan por encima del vertedero necesariamente requeriría estructuras adicionales para evitar el deterioro en la base de la estructura.
- La altura del vertedero debe ser igual al 90% de la altura de la cortina, para evitar que las aguas sobrantes pasen por encima de la estructura del trincho y, de esa manera, prevenir el des empotramiento y la desestabilización de la estructura.

La distribución de trinchos en el diseño debe de cumplir dos aspectos importantes:

- Siguiendo en el sentido de la pendiente, la altura de la base del trincho (h) debe coincidir con la altura de la parte superior del siguiente trincho. Esta condición no se cumple siempre, debido a las pendientes elevadas y debido a los recursos económicos disponibles, pero sirve como punto de referencia de los trabajos que se realizan.
- Para ser más eficiente con respecto a la ubicación de los trinchos, estos deben de ubicarse en aquellos puntos donde convergen dos o más surcos.

2.2.5.2. ACEQUIAS

Las acequias de ladera son canales pequeños que tienen la función de evacuar las aguas de la zona que se desea estabilizar (Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola, 2001).

Se distinguen dos clases según su ubicación:

- Zanjas de coronación, se construyen en la parte superior y su

misión es evitar la entrada del agua a la zona de trabajo.

- Acequias de ladera, se construyen en el interior de la zona que se rehabilita y buscan interceptar el agua de escorrentía para desalojarla ya sea hacia una zona que tenga buena cobertura o ya mediante una estructura que disipe la energía del agua.
- Con la finalidad de asegurar su correcto funcionamiento, las acequias deben cumplir las siguientes especificaciones técnicas:
 - La profundidad de 30 cm.
 - La plantilla de 30 cm.
 - El talud (depende de la textura del terreno) con diseño recomendado por norma general de 1:1.
 - La pendiente del canal no debe ser mayor que 1%; pendientes mayores pueden provocar la erosión del canal por la velocidad de las aguas.
 - Es conveniente sembrar en la parte superior del talud una barrera viva, con el fin de dar a esta mayor estabilidad y protegerlo del efecto erosivo del agua de la acequia. Esta barrera viva debe estar a 20 o 30 cm de la acequia.

2.3. DESCRIPCIONES CONCEPTUALES

- **Aguas pluviales:** Las aguas de lluvia son aquellas que se originan a partir de las precipitaciones atmosféricas (Duque, 2016).
- **Análisis granulométrico:** Se trata de la medición cuantitativa de la distribución de partículas en el suelo según su tamaño (ASTM D422 y NTP 339.128).
- **Ángulo de fricción interna:** El ángulo de fricción o rozamiento interno es el máximo ángulo de estabilidad que pueden alcanzar los materiales granulares. Representa la resistencia al deslizamiento provocada por las partículas de dichos materiales (Terzaghi & Peck, 1948).

- **Bioingeniería:** La ingeniería biológica, también conocida como ingeniería biológica, es una disciplina que utiliza principios científicos y técnicas de ingeniería para investigar características de los organismos vivos. Se considera una rama de la ingeniería dedicada a la aplicación tecnológica de sistemas biológicos de organismos vivos o sus productos (Wikipedia, 2019)
- **Cabecera o Corona de Falla:** Se trata del material o suelo sin modificar que se halla contiguo a la parte superior del escarpe principal (Suarez, 1998).
- **Cima de falla:** Es el punto más alto en la intersección del material desplazado y el escarpe principal (Suarez, 1998).
- **Clasificación de suelos:** Se trata de la categorización de suelos en cualquier lugar del mundo, organizándolos en grupos que se representan a través de un nombre y un símbolo (ASTM D2488 y NTP 339.134).
- **Cohesión:** La cohesión se refiere a la interacción en la que las partículas de un material permanecen unidas entre sí gracias a fuerzas internas. Estas fuerzas no necesitan que haya presión externa que las comprima, ya que dependen de la cantidad de puntos de contacto que cada partícula tiene con las demás (Terzaghi & Peck, 1948).
- **Contenido de humedad:** El contenido de humedad de un suelo es la proporción que hay entre la cantidad de agua presente en un material y su peso total expresada en porcentaje (ASTM D2216 y NTP 339.127).
- **Corte directo:** Implica el movimiento de una sección de suelo en relación con otra a lo largo de un plano de falla, causado por la acción de una fuerza de corte en dirección horizontal (ASTM D3080 y NTP 339.171).
- **Erosión de suelos.** La erosión del suelo se define como el proceso de eliminación y desplazamiento de las partículas superficiales del suelo, causado por la influencia de factores externos (Duque, 2016).
- **Escarpe principal:** Hace referencia a la superficie inclinada situada

directamente debajo de la corona de falla, que se genera después del desplazamiento del material o suelo, y que se considera la parte inicial de la superficie de falla (Suarez, 1998).

- **Escarpe secundario:** Es una superficie inclinada similar al escarpe principal, que se desarrolla debajo de él como consecuencia del desplazamiento del material o suelo (Suarez, 1998).
- **Escorrentía superficial:** La escorrentía superficial consiste en corrientes de agua que se producen por las lluvias, las cuales se generan cuando el volumen de agua de las precipitaciones excede la capacidad del suelo para absorberla (Duque, 2016).
- **Esquejes:** Los esquejes son segmentos de una planta, generalmente de tallos, que se separan con el propósito de reproducirla. Estos fragmentos se cortan y se colocan en el suelo para fomentar el crecimiento de raíces y nuevos brotes de la planta (Wikipedia, 2019)
- **Estabilización:** Proceso físico o químico llevado a cabo para optimizar las propiedades mecánicas de un suelo, mediante un procedimiento controlado (RNE CE.020)
- **GeoStudio:** Es un software o programa informático destinado a realizar análisis de estabilidad en taludes de suelos y rocas (GeoStudio, 2024)
- **Geotecnia:** Es una especialidad de la geología aplicada que investiga la composición y las propiedades de la capa más externa de la corteza terrestre, con el objetivo de determinar su aptitud para soportar diversas construcciones y obras públicas (Norma Español UNE 103-801-94).
- **Índice de plasticidad:** Es el intervalo de contenido de humedad en el que un suelo muestra un comportamiento plástico. Se determina como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico (NTP 339.127 & ASTM D2216).
- **Invernadero:** Es un área cerrada destinada al cultivo de plantas y a promover su crecimiento, protegiéndolas del frío y de las condiciones

climáticas adversas. Normalmente, está cubierta con vidrio o plástico, lo que permite el control de la temperatura, la humedad y otros factores ambientales (Red internacional Vetiver, 2009).

- **Limite líquido:** Es el porcentaje de contenido de humedad cuando el suelo se sitúa entre los límites del estado líquido y el estado plástico (NTP 339.127 & ASTM D2216).
- **Limite plástico:** Es el porcentaje de contenido de humedad cuando el suelo se sitúa entre los límites del estado plástico y el estado semisólido (NTP 339.127 & ASTM D2216).
- **Masa desplazada de una falla:** Es el total de material de suelo que ha sido movido y se localiza sobre la superficie de ruptura (Suarez, 1998).
- **Peso específico:** Es la proporción entre el peso en aire de un volumen de material a una temperatura determinada y el peso en aire de un volumen equivalente de agua destilada a la misma temperatura (NTP 339.131 & ASTM D854).
- **Pie del deslizamiento o base:** Es la superficie natural que está cubierta por el material desplazado, situada por debajo del pie de la superficie de falla (Suarez, 1998).
- **Pie de la superficie de rotura o falla:** Es la línea que se encuentra en la intersección entre la base de la superficie de ruptura y el terreno natural (Suarez, 1998).
- **Programa:** Un programa es un conjunto de instrucciones que una computadora utiliza para realizar tareas específicas, incluyendo aplicaciones y sistemas operativos que gestionan el hardware (Tanenbaum, 2016).
- **Talud:** Perfil obtenido de una excavación o terraplenado que presenta un ángulo horizontal y no es vertical (RNE CE.020).
- **Tejido vegetal:** Es una agrupación de células unidas de manera firme y

duradera, destinada a formar estructuras macizas o en capas; es decir, se trata de un grupo de células que comparten similitudes en su forma y función. Cada uno de estos tejidos está compuesto por células eucariotas de origen vegetal (Wikipedia, 2019).

- **Software:** El software es la base lógica o sistema computacional de una computadora, que incluye un conjunto completo de elementos lógicos necesarios para ejecutar tareas determinadas (Wikipedia, 2019)
- **Suelos:** Conjuntos naturales de partículas minerales, tanto granulares como cohesivas, que pueden ser separados mediante métodos mecánicos (RNE CE.020).
- **Superficie de rotura o falla:** Es la zona no modificada situada por debajo del deslizamiento que define el volumen del material (Suarez, 1998).
- **Superficie original de ladera:** Es la superficie natural que existía antes de que se produjera el movimiento del material o el deslizamiento de suelos (Suarez, 1998).
- **Yema lateral:** La yema lateral o axilar es el brote inicial de una planta, que se encuentra en el espacio entre una hoja y el tallo (Wikipedia, 2019).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- H_i : Si se podría estabilizar taludes mediante la aplicación de la propuesta de diseño biomecánico con la planta Vetiver ante el deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023.
- H_0 : No se podría estabilizar taludes mediante la aplicación de la propuesta de diseño biomecánico con la planta Vetiver ante el deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- H_1 : Si se puede determinar con el cálculo del factor de seguridad que la planta vetiver incrementa la estabilización del talud ante deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023.
- H_0 : No se puede determinar con el cálculo del factor de seguridad que la planta vetiver incrementa la estabilización del talud ante deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023.
- H_2 : Si se puede determinar que el diseño de trinchos y banquetas del sistema biomecánico ayuda a mejorar la estabilización del talud ante el deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023.
- H_0 : No se puede determinar que el diseño de trinchos y banquetas del sistema biomecánico ayuda a mejorar la estabilización del talud ante el deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Deslizamiento de suelos.

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Propuesta de estabilización de talud.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 5

Operación de la Variable de la Investigación

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Técnicas e Instrumentos	Indicadores	Medición	
						Escala	Especificaciones
Variable Independiente: Deslizamiento de suelo	Deslizamiento de suelo es un proceso geomorfológico que ocurre cuando una masa de tierra o roca se desplaza por una pendiente debido a la pérdida de estabilidad, comúnmente provocada por lluvias intensas, actividad sísmica o la erosión. Este fenómeno puede generar graves daños a las infraestructuras y al medio ambiente.	Deslizamiento de suelo se medirá evaluando parámetros de resistencia del suelo como el peso específico, cohesión y ángulo de fricción interna. Esto se hará mediante ensayos de corte directo, levantamientos topográficos y análisis de estabilidad de taludes.	Parámetros de resistencia	Ensayo de peso específico: Picnómetro, termómetro, Balanza graduada, etc.	Peso Especifico	kN/m ³	ASTM D854 y NTP 339.131
				Ensayo de corte directo: Máquina de corte directo, balanza graduada, etc.	Cohesión, Angulo de Fricción interna	kN/m ²	ASTM D3080 y NTP 339.171
			Sección de la pendiente del talud	Levantamiento Topográfico: Estación total, Gps, etc.	Coordenadas UTM	m	Norma Técnica Peruana Geodésica 2015
				Análisis de Estabilidad de Taludes: Métodos: Ordinario, Janbu, Spencer.	Factor de Seguridad.	Adimensional	RNE CE.020
Variable Dependiente: Propuesta de estabilización de talud.	Es el planteamiento de estrategias y diseños para mejorar la estabilidad de un talud o pendiente mediante técnicas de	Se llevará a cabo mediante la comparación de diferentes propuestas de diseño, evaluando los parámetros de	Parámetros de resistencia	Ensayo de peso específico: Picnómetro, termómetro, Balanza graduada, etc.	Peso Especifico	kN/m ³	ASTM D854 y NTP 339.131
				Ensayo de corte	Cohesión,	kN/m ²	ASTM D3080 y NTP

ingeniería y resistencia del suelo, biomecánica, como el el análisis de uso de plantas, estabilidad de taludes, banquetas y drenajes, y el diseño con el fin de mitigar el biomecánico de riesgo de trinchos y banquetas, deslizamientos y de acuerdo con asegurar la normativas nacionales sostenibilidad del terreno.

Sección de la pendiente del talud	directo: Máquina de corte directo, balanza graduada, etc.	Angulo de Fricción interna	339.171
	Levantamiento Topográfico: Estación total, Gps, etc.	Coordenadas UTM	m Norma Técnica Peruana Geodésica 2015
	Análisis de Estabilidad de Taludes: Métodos: Ordinario, Janbu, Spencer	Factor de Seguridad.	Adimensional RNE CE.020
	Diseño Biomecánico: Diseño de trinchos, y banquetas	Aguas dispersadas	m ³ RNE CE.010.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es del tipo científico porque se llevará a cabo siguiendo un método estricto, estructurado y meticulosamente planificado. (Hernández et al., 2014).

La investigación adoptará una metodología sistemática, ya que se llevará a cabo con rigor, sin depender de la suerte; empírica, porque se recopilarán y examinarán datos; y crítica, ya que será sometida a una evaluación continua para su perfeccionamiento (Kerlinger, 2002).

3.1.1. ENFOQUE

El presente estudio emplea un enfoque cuantitativo, ya que se recopilarán datos con el objetivo de llevar a cabo pruebas de hipótesis fundamentadas en mediciones numéricas (Hernández et al., 2014).

Es decir, se recopilarán datos cuantitativos como:

- Coordinadas de la pendiente del talud, que serán obtenidas mediante el levantamiento topográfico.
- Valores del peso específico, cohesión, ángulo de fricción interna; que se obtendrán a partir de los ensayos de mecánica de suelos realizados sobre las muestras sin considerar el efecto de la planta vetiver y la otra considerando el efecto de la planta vetiver.

3.1.2. ALCANCE

El estudio actual utiliza un enfoque explicativo al analizar y clarificar las razones detrás de la relación entre las variables, así como al identificar las causas de los eventos y fenómenos físicos (Hernández et al., 2014).

Es decir, explica la relación del diseño biomecánico con planta vetiver como propuesta de estabilización y el deslizamiento de Suelos, estableciendo y relacionando las causas del deslizamiento de suelos con los factores de seguridad sin considerar el efecto del diseño biomecánico y la planta vetiver, así como también la estabilidad que se puede alcanzar mediante los factores de seguridad considerando el efecto del diseño biomecánico y la planta vetiver.

3.1.3. DISEÑO

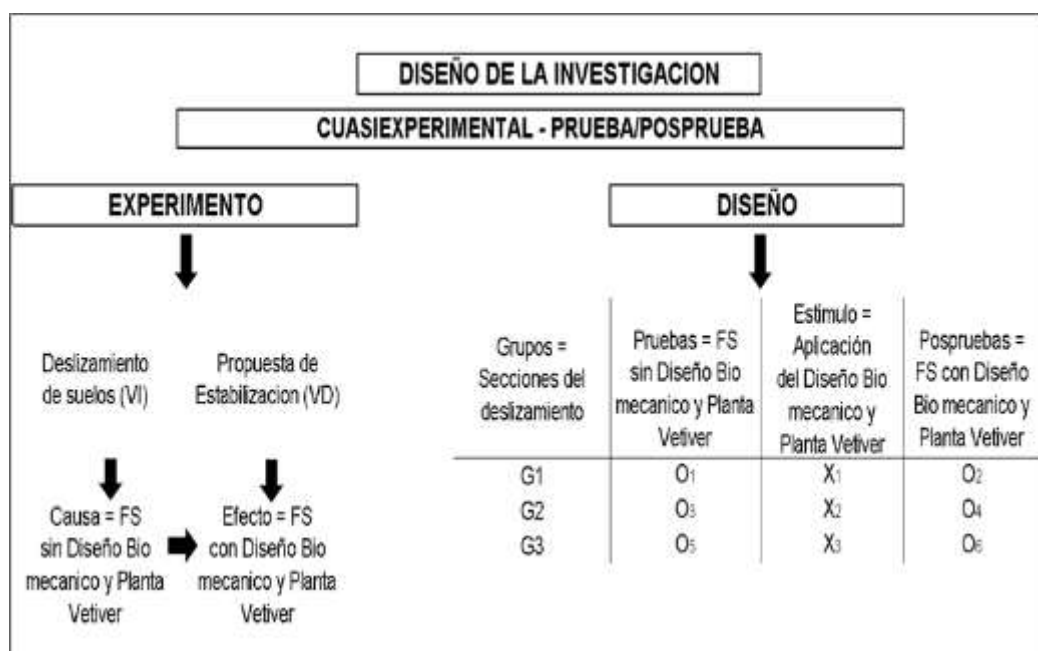
La investigación presentará un diseño cuasiexperimental, donde se efectuará la alteración deliberada de la variable independiente, con la finalidad de observar las repercusiones que tendrán en la variable dependiente; en este caso, las muestras no se distribuirán aleatoriamente entre los grupos de control no se compararán. (Hernández et al., 2014).

Por lo tanto; el deslizamiento de suelos (VI) se modificará intencionalmente a través de las muestras que serán preparadas con las raíces de la planta vetiver, con el objetivo de analizar los efectos al implementar la propuesta de estabilización (VD) mediante los métodos de análisis de estabilidad planteados.

Se presentarán grupos de control (G) que será la sección o secciones de la pendiente del talud con deslizamiento de suelos, a la que se le llevará a cabo una medición inicial (prueba O_i = factores de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver), después se implementara un incentivo (X_i = propuesta de estabilización mediante el diseño biomecánico y la planta vetiver) se lleva a cabo un análisis posterior (posprueba O_{i+1} = factores de seguridad considerando el efecto del diseño biomecánico y la planta vetiver).

Figura 22

Esquema de diseño de la investigación



Nota: Adaptado de Hernández et al (2014).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

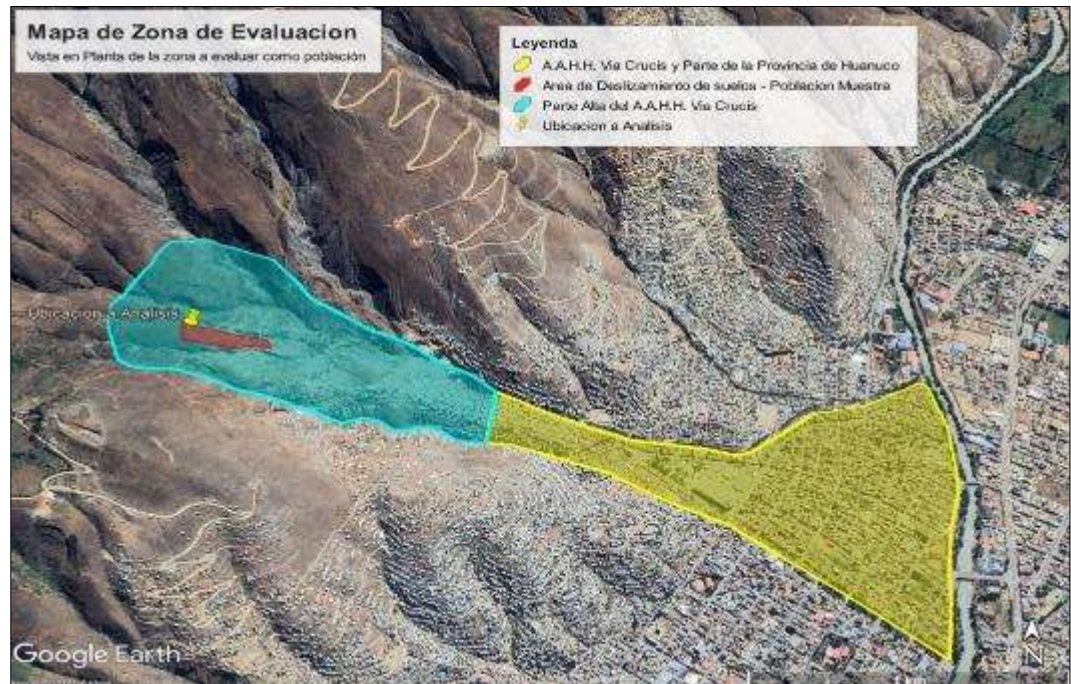
3.2.1. POBLACIÓN

La población se presentará como un grupo de situaciones que coinciden con sus especificaciones correspondientes, a partir de las cuales se busca observar estos resultados en otras situaciones. (Hernández et al., 2014).

La población se definirá como una zona de terreno delimitada con taludes susceptibles a deslizamientos, situada en la quebrada Tingoragra, en el sector noroeste de la ciudad de Huánuco.

Figura 23

Zona de deslizamiento de suelos identificada como la población del estudio realizado



Nota. Elaborado con el software Google Earth Pro v.2024.

3.2.2. MUESTRA

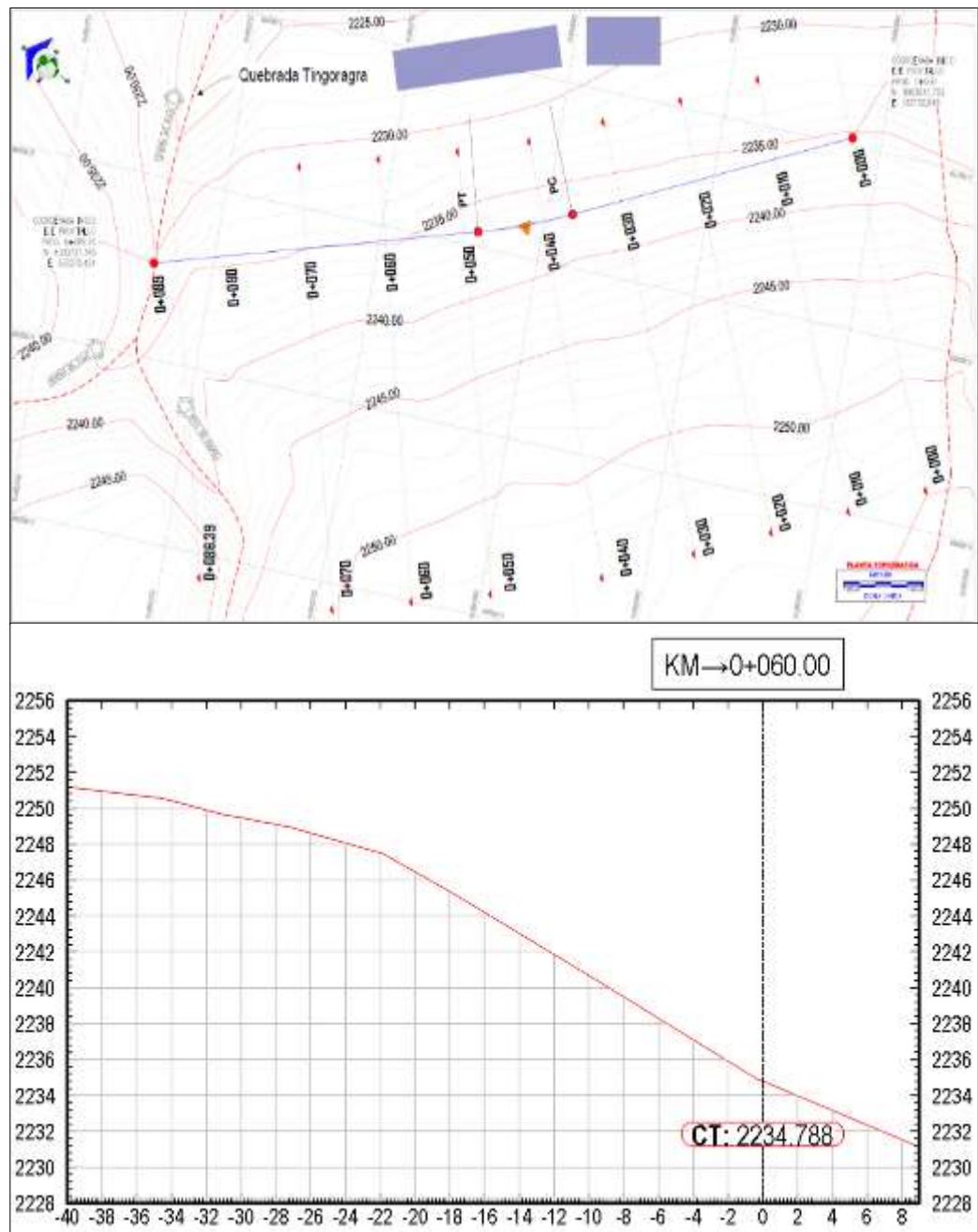
La muestra será considerada como una porción de la población previamente establecida, de la cual se obtendrán datos representativos utilizando un método no probabilístico o deliberado. La selección de la muestra no se basa en la probabilidad, sino en los objetivos de la investigación y el juicio del investigador, lo que implica un procedimiento no mecánico y que no utiliza fórmulas probabilísticas (Hernández et al., 2014)

La investigación emplea como muestra tres áreas de la región de deslizamiento de suelos, determinadas sin tener en cuenta el impacto del diseño biomecánico ni de la planta de vetiver (Figura 23) y otras tres secciones de la zona considerando el efecto del diseño bio mecánico y la planta vetiver_(Figura 24), requeridas junto con los parámetros de resistencia para determinar un total de 18 factores de seguridad para cada uno (6 en cada sección), lo que da un total de 36 factores de seguridad, los cuales se generan utilizando el software GeoStudio

2024.1.0. Programa que lleva a cabo el análisis de estabilidad y el cálculo del factor de seguridad utilizando los métodos Ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, Sarma y Bishop.

Figura 24

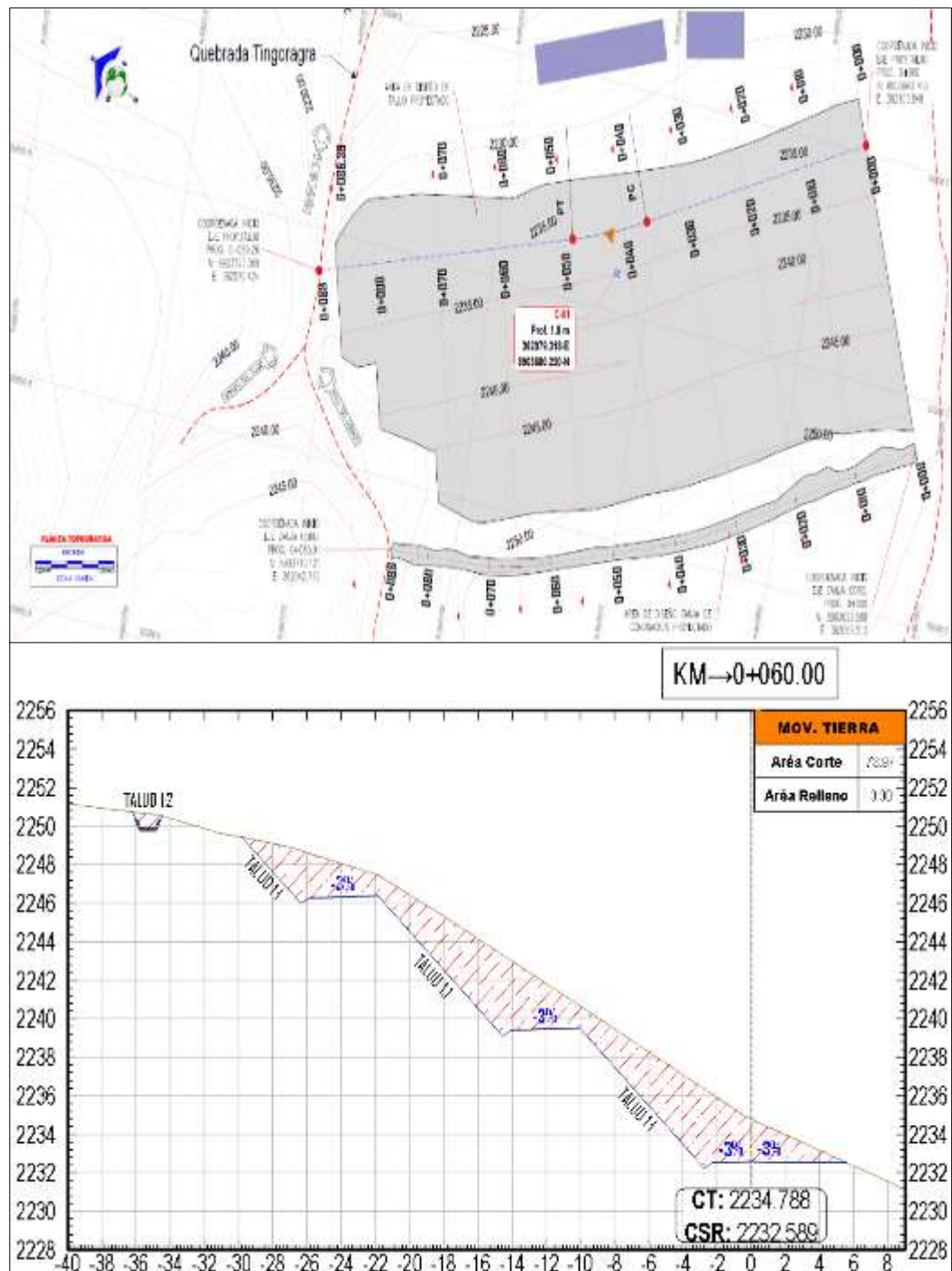
Secciones de la zona de deslizamiento sin considerar el efecto del diseño biomecánico y la planta vetiver en la investigación realizada



Nota. Elaborado con el software AutoCAD Civil 3D v.2024.

Figura 25

Secciones de la zona de deslizamiento considerando el efecto del diseño biomecánico y la planta vetiver en la investigación realizada



Nota. Elaborado con el software AutoCAD Civil 3D v.2024.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICA PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

La recopilación de datos se llevó a cabo utilizando métodos de

observación tanto no experimental como experimental, a través de estudios de topografía y suelos.

➤ **Observación No Experimental Mediante Levantamiento Topográfico**

Hernández et al. (2014). La observación no experimental se describe como un método de recolección de datos que se lleva a cabo a través de un proceso específico, en el que no se altera la variable, y el investigador se limita a observar sin intervenir.

se realizó un estudio topográfico en la zona afectada por el deslizamiento de suelos (como se muestra en el Anexo 9 – Fotografía 29). Para realizar este estudio, se emplearon herramientas adecuadas, como un GPS navegador y una estación total de marca South. Luego, la superficie se procesó en el software AutoCAD Civil 3D para trazar las secciones necesarias en el terreno.

Los instrumentos empleados son precisos y confiables, dado que el propietario ha proporcionado los certificados de calibración pertinentes para sus instrumentos topográficos (consultar Anexo 5). Además, este estudio se llevó a cabo de acuerdo con la Normativa Técnica Geodésica 2015.

A. Área de Exploración. Se utilizó el GPS navegador de marca Garmin para la localización de la zona de investigación.

Tabla 6

Coordenada de la localización de la zona de investigación

Coordenadas Geográficas			
Latitud	Longitud		Altitud
- 9.91589°	- 76.256149°		2170.200 msnm
Coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM)			
Zona	E	N	Z
Uso			
18 L	362286.000 m	8903626.00m	2169.000 msnm

B. Levantamiento Topográfico. Después de obtener la coordenada, se inicia la instalación de la Estación Total (South N6). Luego,

mediante varios ajustes de estación, se realizaron las mediciones de los puntos topográficos. En un período de 4 horas de trabajo de campo, se registraron 72 puntos topográficos mediante 6 cambios de estación.

Tabla 7

Coordenadas Topográficas de la zona definida

Punto	Este (m)	Norte (m)	Cota (msnm)
1	362041.699	8903625.333	2256.192
2	362051.646	8903626.826	2255.567
3	362060.599	8903627.572	2255.077
4	362069.054	8903628.318	2252.981
5	362075.271	8903629.312	2250.429
6	362082.980	8903629.312	2248.163
7	362091.932	8903630.307	2241.723
8	362100.387	8903631.551	2235.340
9	362107.599	8903631.799	2232.166
10	362115.060	8903631.799	2230.192
11	362120.282	8903632.545	2228.713
12	362128.240	8903633.291	2226.263
13	362135.949	8903634.286	2223.868
14	362143.409	8903635.032	2221.566
15	362142.663	8903643.985	2221.071
16	362133.711	8903651.943	2223.205
17	362117.049	8903653.683	2228.275
18	362101.382	8903655.424	2232.875
19	362084.721	8903656.419	2242.540
20	362074.773	8903656.419	2247.426
21	362059.107	8903655.673	2251.907
22	362043.191	8903655.424	2253.506
23	362034.487	8903653.683	2254.153
24	362031.006	8903654.429	2254.198
25	362030.166	8903678.666	2252.556
26	362041.960	8903681.426	2251.215
27	362055.762	8903682.430	2249.111
28	362081.357	8903685.441	2237.157
29	362104.193	8903686.194	2227.436
30	362116.990	8903687.197	2223.818
31	362134.054	8903687.699	2219.451

32	362147.354	8903689.707	2214.617
33	362143.088	8903719.569	2208.631
34	362133.050	8903716.808	2211.964
35	362121.507	8903716.557	2215.287
36	362111.972	8903720.071	2216.712
37	362098.672	8903723.584	2219.960
38	362087.380	8903726.846	2224.146
39	362077.593	8903727.097	2227.782
40	362069.312	8903727.097	2231.196
41	362056.264	8903725.591	2236.623
42	362052.249	8903721.074	2237.933
43	362046.728	8903713.546	2240.379
44	362042.462	8903709.280	2243.016
45	362024.395	8903707.524	2245.521
46	362074.420	8903733.417	2235.119
47	362099.908	8903729.437	2225.581
48	362089.191	8903732.589	2229.359
49	362115.037	8903730.383	2220.316
50	362140.568	8903729.122	2214.340
51	362040.998	8903702.111	2247.914
52	362050.086	8903712.714	2241.396
53	362057.407	8903711.452	2242.113
54	362070.030	8903720.793	2235.454
55	362082.147	8903720.035	2230.082
56	362093.255	8903716.754	2226.987
57	362100.576	8903715.239	2224.675
58	362110.674	8903713.724	2221.937
59	362119.762	8903711.957	2219.368
60	362132.890	8903710.190	2215.979
61	362143.998	8903710.190	2213.555
62	362038.726	8903692.770	2251.204
63	362072.806	8903694.285	2238.732
64	362099.566	8903696.052	2226.855
65	362122.539	8903698.072	2220.516
66	362143.240	8903697.819	2215.105
67	362078.613	8903670.049	2242.360
68	362111.936	8903672.069	2227.967
69	362134.910	8903673.584	2220.797
70	362146.017	8903671.059	2217.146
71	362041.503	8903666.515	2252.111

Nota. Elaboración propia (2024).

C. *Procesamiento de la Zona de Investigación.* Usando el Programa AutoCAD Civil 3D V.2024, Se incorporaron la data topográfica recopilado de campo. Consiguiente, se generó la superficie obteniendo por consiguiente las curvas de nivel y se llevó a cabo la triangulación correcta de los puntos. Finalmente, se elaboraron tres cortes transversales de la pendiente topográfica en la zona investigada por el deslizamiento de suelos, utilizando un enfoque de muestreo no probabilístico.

➤ **Observación Experimental a Través de Ensayos de Estudio de Suelos**

Hernández et al. (2014). La observación experimental se describe como un método de recopilación de información en el que el investigador recopila información en condiciones relativamente controladas para poder manipular la variable en estudio.

Se obtuvieron los resultados sobre las características de las muestras de suelo tanto sin considerar el efecto de la planta vetiver y otra considerando el efecto de la planta vetiver, utilizando ensayos mecánicos y los instrumentos correspondientes.

Los equipos utilizados son efectivos y de fiabilidad comprobada, ya que pertenecen únicamente al laboratorio de suelos Labortec (ver Anexo 6), se encuentran en excelente estado y cuentan con certificados de calibración vigente. Además, todos los procedimientos se llevaron a cabo de acuerdo con los estándares de la American Society for Testing and Materials (ASTM) y la Norma Técnica Peruana (NTP), garantizando así la calidad y precisión de los resultados obtenidos

➤ **Ensayos de Estudio de Suelos Sin Considerar la Planta Vetiver**

Se llevaron a cabo las pruebas mecánicas requeridas con las muestras de suelo sin tener en cuenta el efecto de la planta de vetiver.

A. Exploración de Calicata: La investigación actual se llevó a cabo siguiendo los estándares establecidos por normativas vigentes, como la D420 de la American Society for Testing and Materials y la Norma Técnica Peruana 339.162. Para ello, se excavó una calicata C1 con medidas de 1.20 m de largo y 1.0 m de ancho, alcanzando una profundidad de 2.00 m, de donde se recolectaron muestras alteradas. Además, se llevó a cabo la exploración y recolección de un talud, donde se obtuvieron muestras inalteradas (ver Anexo 9 – Fotografía 5).

B. Clasificación de Suelos: Para la clasificación de los estratos M1 y M2, se realizaron múltiples pruebas. Se efectuó un análisis de la granulometría de acuerdo con las normativas D422 de la American Society for Testing and Materials y la Norma Técnica Peruana 339.129. Asimismo, se llevaron a cabo pruebas de plasticidad siguiendo la norma D4318 y la misma norma peruana, junto con evaluaciones del contenido de humedad según las normas D2216 y D4643 de la American Society for Testing and Materials y la Norma Técnica Peruana 339.127. Finalmente, para la clasificación de los estratos M1 y M2, se aplicaron las normativas D2487 y D3282 de la American Society for Testing and Materials, junto con la Norma Técnica Peruana 339.134.

Los resultados de la clasificación SUCS indicaron que ambos estratos son similares y se clasifican como Grava arcillosa con arena (ver Anexo 8 – Clasificación de Suelos 1,2).

C. Ensayo de Peso Específico: Dado que las muestras M1 y M2 son afines, la muestra M2 muestra características semejantes al M1 según el análisis estratigráfico, se procedió a realizar la prueba para calcular el peso específico en las muestras 1 y 2.

La metodología para determinar el peso específico se llevó a cabo de acuerdo con a las normas D854 de la American Society for Testing and Materials y Norma Técnica Peruana 339.131, utilizando los instrumentos apropiados, como un matraz o frasco medidor, un termómetro y una balanza ajustada (ver Anexo 8 – Ensayo de Peso

Específico 3).

Se determinó que el estrato M1 tiene un peso específico de 23.32818 kN/m³ (ver Anexo 8 – Ensayo de Peso Específico 3).

D. Ensayo de Corte Directo: En la zona de deslizamiento, el contenido de humedad no funciona como un factor que genere presión o resistencia al deslizamiento. Además, durante la recolección de muestras, no se detectó saturación ni la presencia de aguas subterráneas (CD).

La metodología para la prueba de corte directo se llevó a cabo de acuerdo con las normas D3080 de la American Society for Testing and Materials y Norma Técnica Peruana 339.171, empleando los equipos adecuados como dispositivo de corte, una báscula ajustada y pesas (ver Anexo 8 – Ensayo 6).

Los resultados del ensayo mostraron que el estrato M1 tiene una cohesión de 30.40061 kPa y se obtiene un ángulo de fricción de 14. 70° (ver Anexo 8 – Ensayo 9).

➤ **Ensayos de Estudio de Suelos Considerando la Planta Vetiver**

Se realizaron las pruebas mecánicas necesarias con las muestras de suelo considerando el factor de la planta vetiver.

A. Exploración de Calicata: Como no se plantó la especie vetiver en el área de deslizamiento, se eligió recopilar muestras de suelo que tuvieran en cuenta la influencia del vetiver para las pruebas de corte directo y peso específico. Estas muestras se obtuvieron de la calicata C1 y se mezclaron con raíces de la planta de vetiver que había sido cultivada adecuadamente por un tiempo promedio de 46 meses.

B. Clasificación de Suelos: De acuerdo con la clasificación SUCS, esta muestra mantiene la misma categoría, es decir, se trata de un suelo clasificado como grava arcillosa con arena, ya que se requiere únicamente como referencia después de haber identificado las

características suelo original.

C. Ensayo de Peso Específico: Se realizó la prueba de peso específico con una muestra elaborada que incluía las raíces de la planta de vetiver que había sido cultivada adecuadamente por un tiempo promedio de 46 meses.

La metodología para determinar el peso específico se llevó a cabo de acuerdo con a las normas D854 de la American Society for Testing and Materials y Norma Técnica Peruana 339.131, empleando los equipos adecuados como una fiola graduada, un termómetro y una balanza calibrada (ver Anexo 8 – Ensayo de Peso Específico 12).

Se determinó que el estrato M2 tiene un peso específico de 26.62445 kN/m³, ya que esta muestra incluye la intervención de la planta vetiver, lo que resulta en un incremento en los valores específicos (ver Anexo 8 – Ensayo de Peso Específico 12).

D. Ensayo del Corte Directo. Se llevó a cabo la prueba de corte directo con una muestra creada que consistía en una combinación de la muestra original del estrato M2 y la planta de vetiver cultivada adecuadamente por un tiempo promedio de 46 meses. Se conservaron las mismas circunstancias empleadas en la evaluación de corte directo drenado (CD).

La metodología para la prueba de corte directo se llevó a cabo de acuerdo con las normas D3080 de la American Society for Testing and Materials y Norma Técnica Peruana 339.171, empleando los equipos adecuados como dispositivo de corte, una báscula ajustada y pesas (ver Anexo 8 – Ensayo 14).

Los resultados del ensayo mostraron que el estrato M2 tiene una cohesión de 73.34256 kPa y se obtiene un ángulo de fricción de 28. 20°, ya que esta muestra contempla la intervención de la planta vetiver que resulta un incremento en los valores (ver Anexo 8 – Ensayo 18).

3.3.2. INSTRUMENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Los instrumentos para la obtención de datos e información empleados en el estudio fueron los siguientes:

Fichas de evaluación y observación: la técnica para recolectar información implica la anotación ordenada, precisa y segura de conductas y circunstancias visibles, utilizando una serie de categorías y subcategorías. (Hernández et al., 2014).

Los instrumentos empleados son:

- Formatos de estudio topográficos
- Formatos de estudio laboratorio de ensayos de mecánica de suelos

3.3.3. PRESENTACIÓN DE DATOS

Hernández et al. (2014). La exhibición de información requiere mostrar los datos de manera transparente y breve. Es fundamental que la información esté estructurada de tal modo que facilite su entendimiento y se presente de manera sencilla.

Borja (2012). Los trabajos de investigación deben presentar los datos recopilados en formatos pertinentes, ajustados a cada clase de estudio, como análisis de terrenos, levantamientos topográficos u otros.

➤ Datos del Levantamiento Topográfico de las Secciones Trazadas

Se presentan los puntos topográficos correspondientes a cada sección, que son S-1, S-2 y S-3, ilustrados en la Figura 23. Las coordenadas están dispuestas en formato UTM.

Tabla 8*Coordenadas Topográficas de la sección S-1 en la zona definida*

PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m)
73	8903665.634	362100.730	2232.000
74	8903663.265	362095.540	2234.608
75	8903660.039	362088.474	2239.508
76	8903655.905	362079.419	2245.626
77	8903653.591	362074.349	2248.363
78	8903649.685	362065.794	2250.439
79	8903647.257	362060.475	2252.171
80	8903645.285	362056.155	2253.582
81	8903651.791	362070.407	2249.320
82	8903661.897	362092.542	2236.686
83	8903658.049	362084.114	2242.454
84	8903664.423	362098.076	2233.334
85	8903648.591	362063.397	2251.220
86	8903650.899	362068.452	2249.794

Tabla 9*Coordenadas Topográficas de la sección S-2 en la zona definida*

PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m)
87	8903665.246	362047.189	2252.299
88	8903683.474	362092.672	2231.857
89	8903680.126	362084.318	2237.150
90	8903681.115	362086.787	2235.578
91	8903682.398	362089.988	2233.538
92	8903678.439	362080.108	2239.490
93	8903676.709	362075.793	2242.033
94	8903675.316	362072.316	2244.238
95	8903673.857	362068.676	2246.435
96	8903672.163	362064.448	2248.609
97	8903670.454	362060.186	2249.462
98	8903668.964	362056.468	2250.378
99	8903667.577	362053.006	2251.475
100	8903666.484	362050.280	2251.861

Tabla 10*Coordenadas Topográficas de la sección S-3 en la zona definida*

PUNTO	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m)
101	362087.089	8903701.693	2231.130
102	362084.617	8903700.990	2232.178
103	362082.205	8903700.303	2233.196
104	362078.432	8903699.230	2234.788
105	362075.251	8903698.324	2236.690
106	362069.895	8903696.734	2240.001
107	362066.762	8903695.787	2242.014
108	362061.690	8903694.593	2245.004
109	362057.379	8903693.238	2247.484
110	362054.330	8903692.370	2248.364
111	362050.537	8903691.291	2249.292

➤ **Datos de los Ensayos del Estudio de Suelo, sin Considerar la Planta Vetiver y Considerando de la Planta Vetiver**

Se exhiben los resultados de las pruebas mecánicas, tanto en ausencia como en presencia de la planta vetiver, dispuestos en tablas con formatos particulares para cada categoría de prueba. Estas tablas reflejan los datos según el orden de los métodos utilizados en las pruebas.

Tabla 11*Datos de las pruebas de peso específico de la muestra M1*

Propuesta de Estabilización de Talud mediante Diseño Biomecánico con la Tesis: Planta Vetiver ante Deslizamientos de Suelos en la Quebrada Tingoragra - Huánuco 2023.		
	Fecha: agosto 2024	Prueba: Peso Específico
		Muestra: M1
Ítem	Descripción	Dato
Cálculo de la densidad del suelo		
1	Masa del suelo natural húmedo (g)	100
2	Masa de fiola de 500 ml (g)	142.5
3	Masa de la fiola de 500 ml + agua (g)	369.95
4	Masa del agua (g)	227.45
5	Masa de la fiola de 500 ml + agua mezclada con el suelo (g)	429.02

6	Masa del agua mezclado con el suelo (g)	286.52
7	Temperatura de agua destilada (°C)	27.4
8	Densidad del agua a una temperatura determinada (g/cm ³)	0.99641
9	Densidad del suelo natural (g/cm ³)	2.386510183
Cálculo del peso específico del suelo		
10	Densidad del suelo natural (kg/m ³)	2386.510183
11	Gravedad en el área de investigación (m/seg ²)	9.775018
12	Peso específico de la muestra de suelo (kN/m ³)	23.3281799

Tabla 12

Datos de las pruebas de corte directo de la muestra M1

Tesis: Propuesta de Estabilización de Talud mediante Diseño Biomecánico con la Planta Vetiver ante Deslizamientos de Suelos en la Quebrada Tingoragra - Huánuco 2023.				
Fecha: agosto 2024		Prueba: Peso Específico	Muestra: M1	
Ítem	Descripción	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Características de las muestras				
1	Diámetro (cm)	6.00	6.00	6.00
2	Cont. Hum. (%)	12.60	12.60	12.60
3	Dens. Seca (g/cm ³)	1.290	1.339	1.323
4	Área (cm ²)	28.27	28.27	28.27
5	Volumen (cm ³)	53.71	53.71	53.71
Consolidación				
6	Masa aplicada (kg)	0.50	1.00	2.00
Corte				
7	Esfuerzo Cortante Máximo (kPa)	36.775	65.410	78.551
Parámetros resultantes				
8	Angulo de Fricción Interna (°)		14.70	
9	Cohesión (kPa)		30.40061	

Tabla 13

Datos de las pruebas de peso específico de la muestra M2 más las raíces de la planta vetiver

Tesis: Propuesta de Estabilización de Talud mediante Diseño Biomecánico con la Planta Vetiver ante Deslizamientos de Suelos en la Quebrada Tingoragra - Huánuco 2023.		
Fecha: agosto 2024	Prueba: Peso Específico	Muestra: M2 + raíces vetiver
Ítem	Descripción	Dato

Cálculo de la densidad del suelo		
1	Masa del suelo natural húmedo (g)	100
2	Masa de fiola de 500 ml (g)	142.5
3	Masa de la fiola de 500 ml + agua (g)	372.5
4	Masa del agua (g)	230
5	Masa de la fiola de 500 ml + agua mezclada con el suelo (g)	438.9
6	Masa del agua mezclado con el suelo (g)	296.4
7	Temperatura de agua destilada (°C)	27.4
8	Densidad del agua a una temperatura determinada (g/cm ³)	0.99641
9	Densidad del suelo natural (g/cm ³)	2.38651018
	Cálculo del peso específico del suelo	
10	Densidad del suelo natural (kg/m ³)	2386.51018
11	Gravedad en el área de investigación (m/seg ²)	9.775018
12	Peso específico de la muestra de suelo (kN/m ³)	26.62445

Tabla 14

Datos de las pruebas de corte directo de la muestra M2 más las raíces de la planta vetiver

Tesis:		Propuesta de Estabilización de Talud mediante Diseño Biomecánico con la Planta Vetiver ante Deslizamientos de Suelos en la Quebrada Tingoragra - Huánuco 2023.		
Fecha: agosto 2024		Prueba: Peso Específico	Muestra: M2 + raíces vetiver	
Ítem	Descripción	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Características de las muestras				
1	Diámetro (cm)	6.00	6.00	6.00
2	Cont. Hum. (%)	14.80	14.80	14.80
3	Dens. Seca (g/cm ³)	1.703	1.589	1.654
4	Área (cm ²)	28.27	28.27	28.27
5	Volumen (cm ³)	53.71	53.71	53.71
Consolidación				
6	Masa aplicada (kg)	0.50	1.00	2.00
Corte				
7	Esfuerzo Cortante Máximo (kPa)	107.579	113.169	182.208
Parámetros resultantes				
8	Angulo de Fricción Interna (°)		28.20	
9	Cohesión (kPa)		73.34256	

3.3.4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Al revisar datos cuantitativos, es esencial tener en cuenta dos elementos básicos: primero, que los datos representan una manifestación de la realidad, y segundo, que los números deben ser analizados en su contexto. (Hernández et al., 2014).

Primero, se lleva a cabo la evaluación y explicación empleando los parámetros de resistencia sin considerar el efecto de la planta vetiver en las secciones S-1, S-2 y S-3 de la zona definida. Posteriormente, se evalúa y explica la estabilización del suelo con la consideración de la planta vetiver y se propone un diseño biomecánico en las mismas secciones de la zona investigada. Todo este proceso se lleva a cabo utilizando el programa GeoStudio 2024.1.0, que determina el factor de seguridad a través de diferentes técnicas de evaluación de estabilidad: el método convencional, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, Sarma y Bishop.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

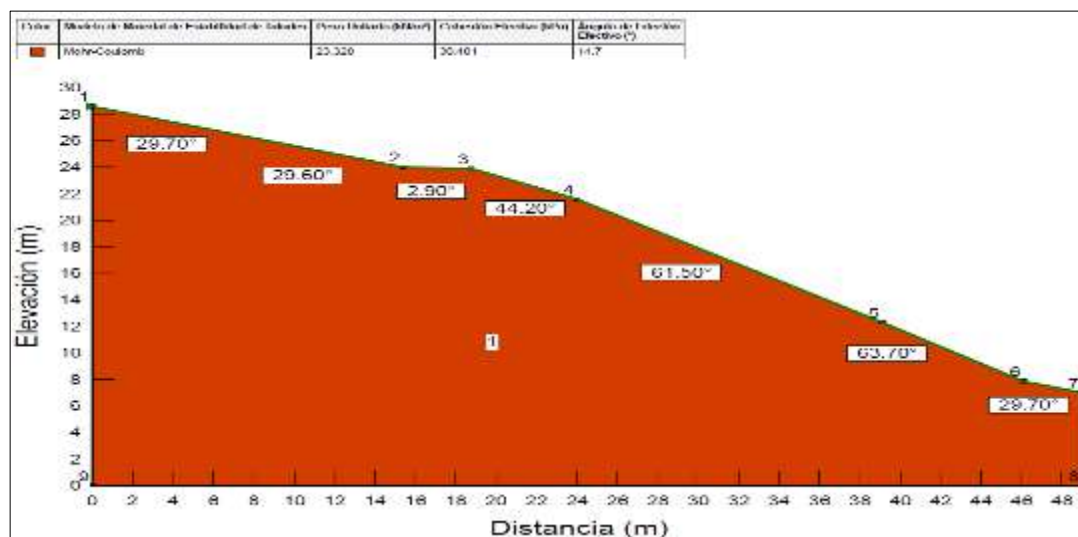
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

➤ Análisis de Estabilidad de las Secciones Trazadas Sin Considerar el Efecto del Diseño Biomecánico y la Planta Vetiver

En las presentes **Figuras del 26 al 32** Se detalla la inclinación y los factores de seguridad obtenidos con los valores de resistencia del terreno sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver en la sección trazada S-1, que aparecen en la Figura 23, en la estación 0+020. Estos factores de seguridad se determinan empleando los métodos de Ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, Sarma y Bishop.

Figura 26

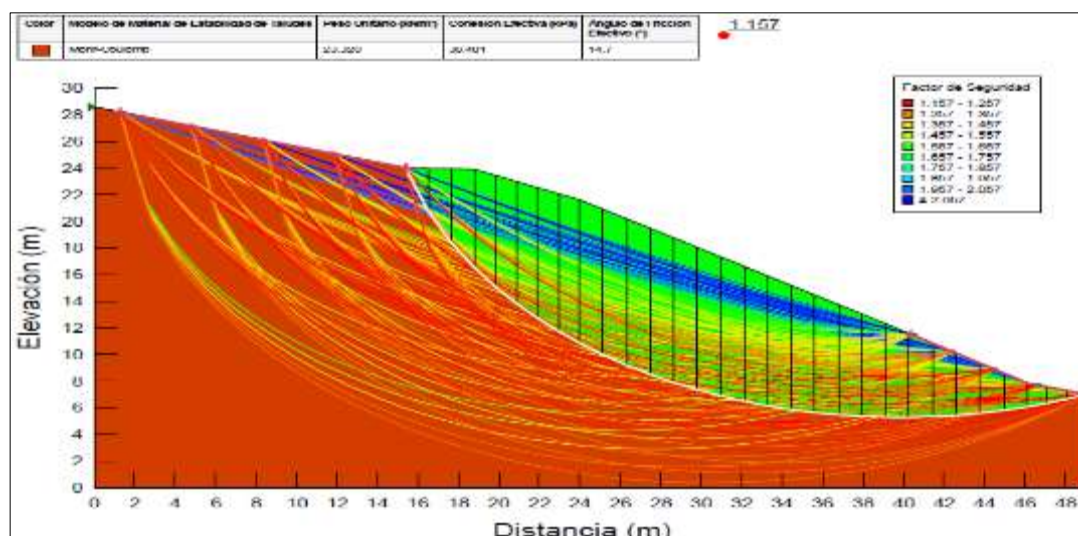
Pendiente de la sección S-1 sin tener en consideración el diseño biomecánico y la planta vetiver



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen tiene una variación en pendiente de 2.90 ° a 63.70° según la dirección y sentido de la Sección 1.

Figura 27

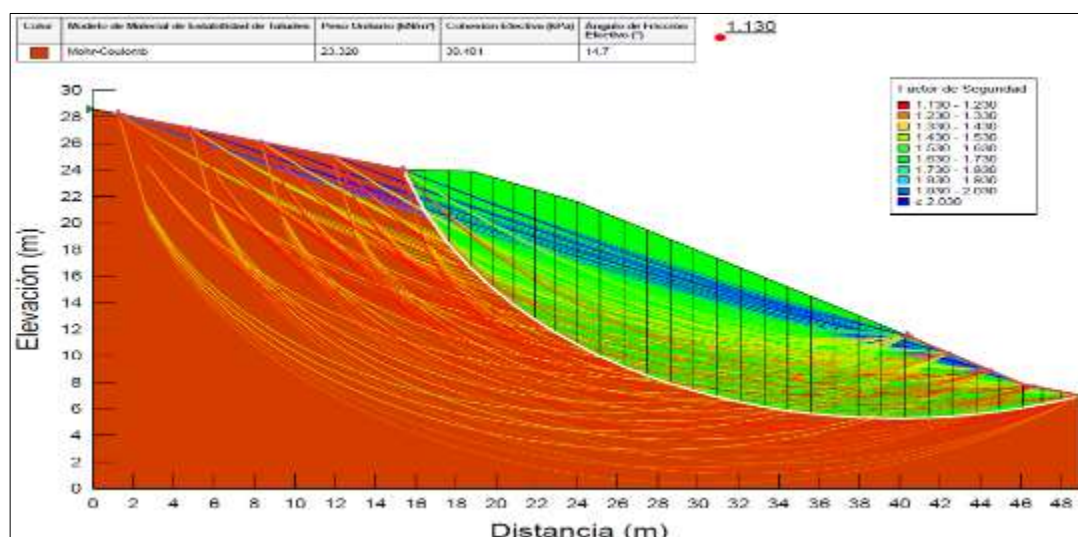
Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Ordinario



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Ordinario es de 1.157.

Figura 28

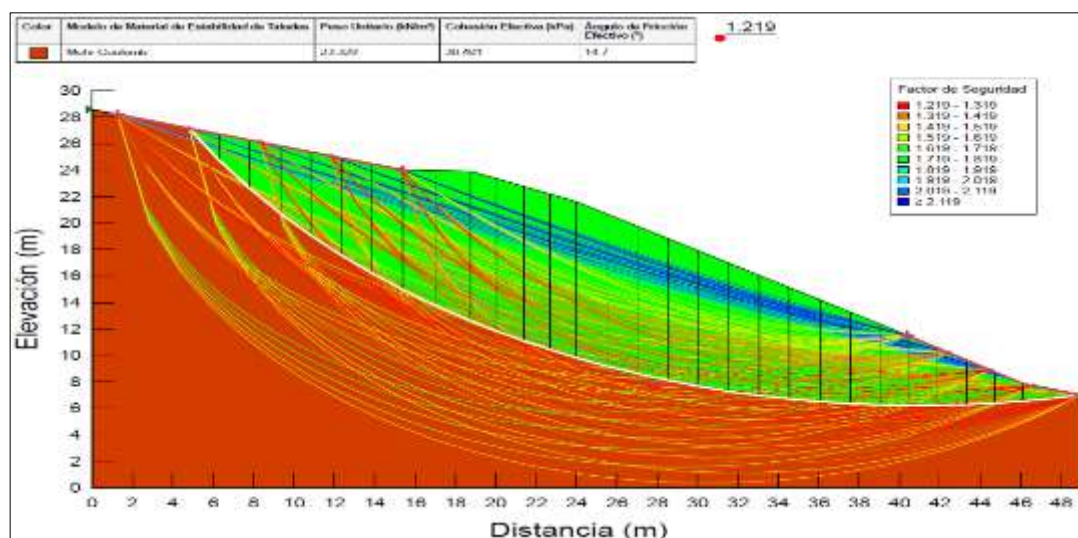
Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Janbu



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Janbu es de 1.130.

Figura 29

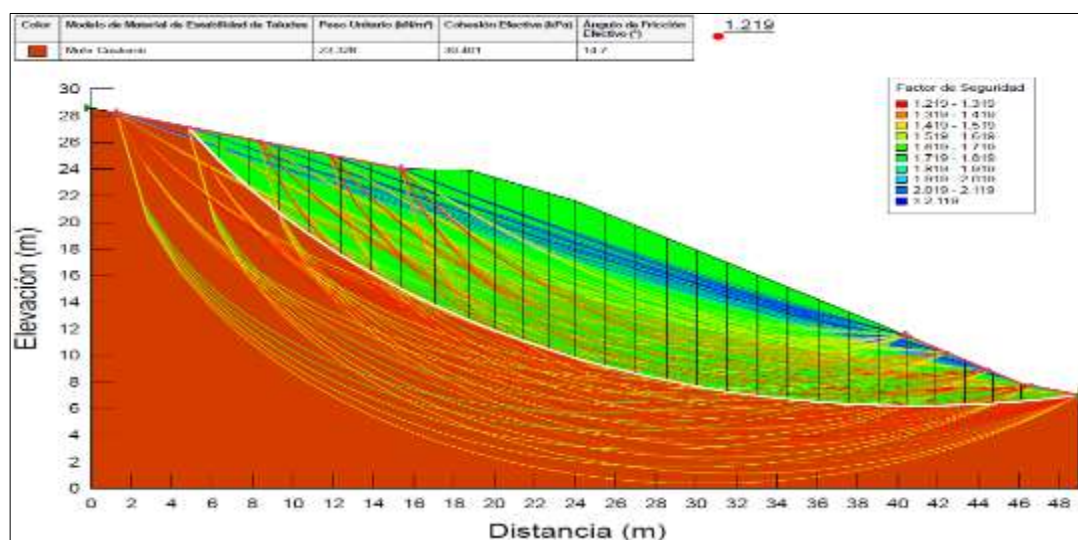
Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Spencer



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Spencer es de 1.219.

Figura 30

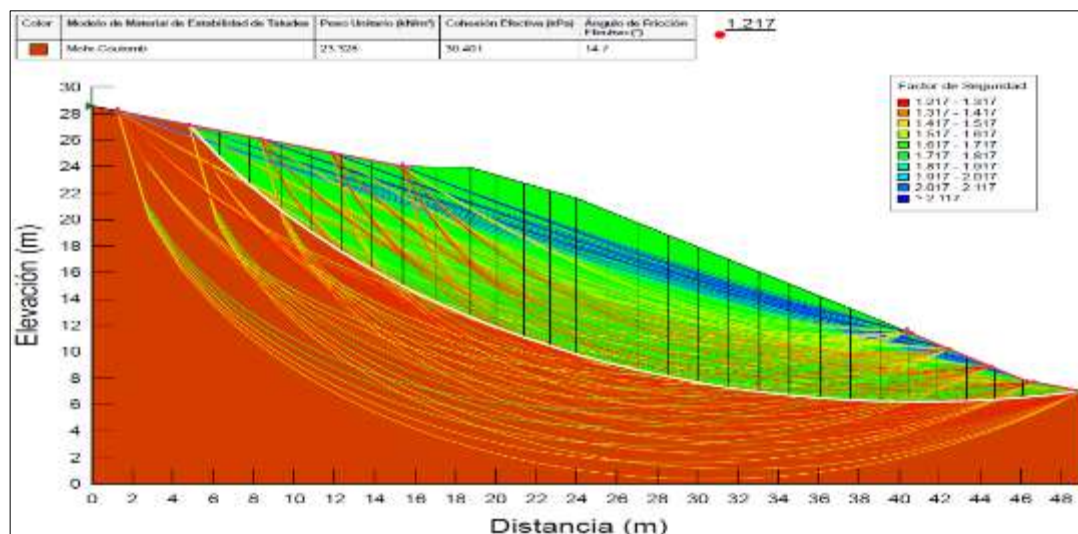
Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Morgenstern & Price



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Morgenstern & Price es de 1.219.

Figura 31

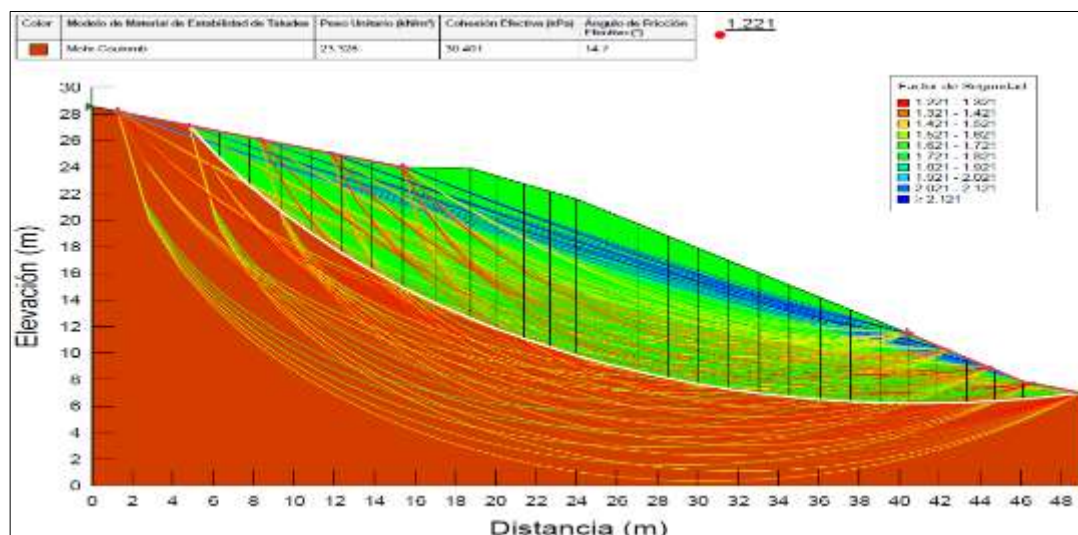
Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Sarma



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Sarma es de 1.217.

Figura 32

Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Bishop



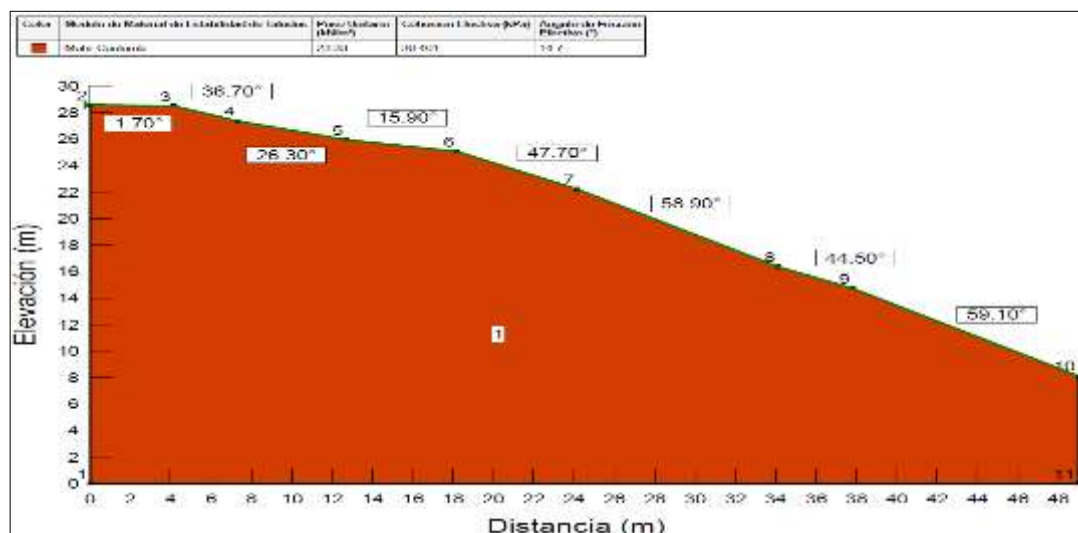
Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Bishop es de 1.221.

De las **Figuras del 33 al 39** Se detalla la inclinación y los factores de seguridad obtenidos con los valores de resistencia del terreno sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver en la sección trazada S-2, que aparecen en la Figura 23, en la estación 0+040. Estos factores de seguridad

se determinan empleando los métodos de Ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, Sarma y Bishop.

Figura 33

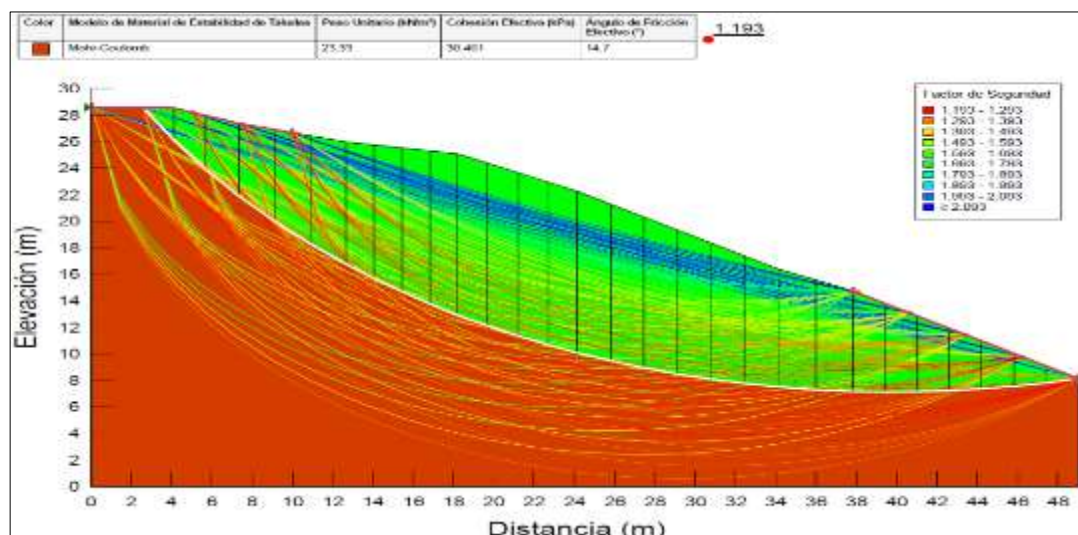
Pendiente de la sección S-2 sin tener en consideración el diseño biomecánico y la planta vetiver



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen tiene una variación en pendiente de 1.70 ° a 59.10° según la dirección y sentido de la Sección 2.

Figura 34

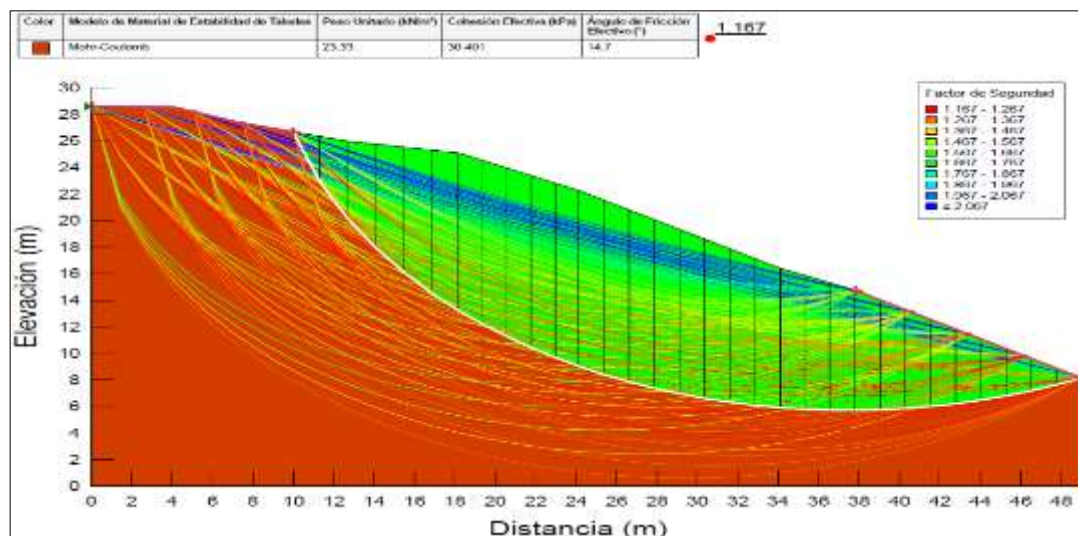
Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Ordinario



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Ordinario es de 1.193.

Figura 35

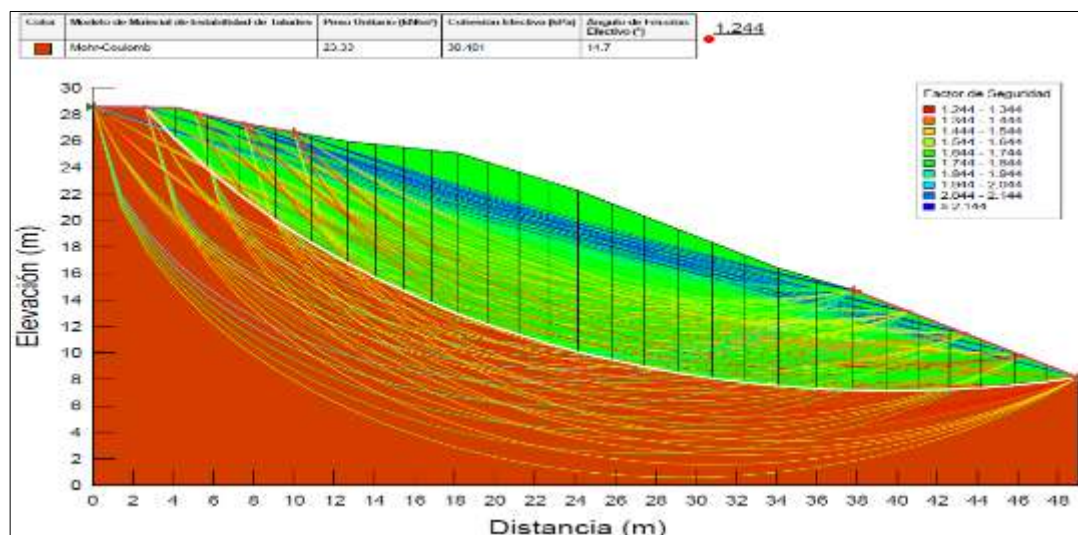
Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Janbu



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Janbu es de 1.167.

Figura 36

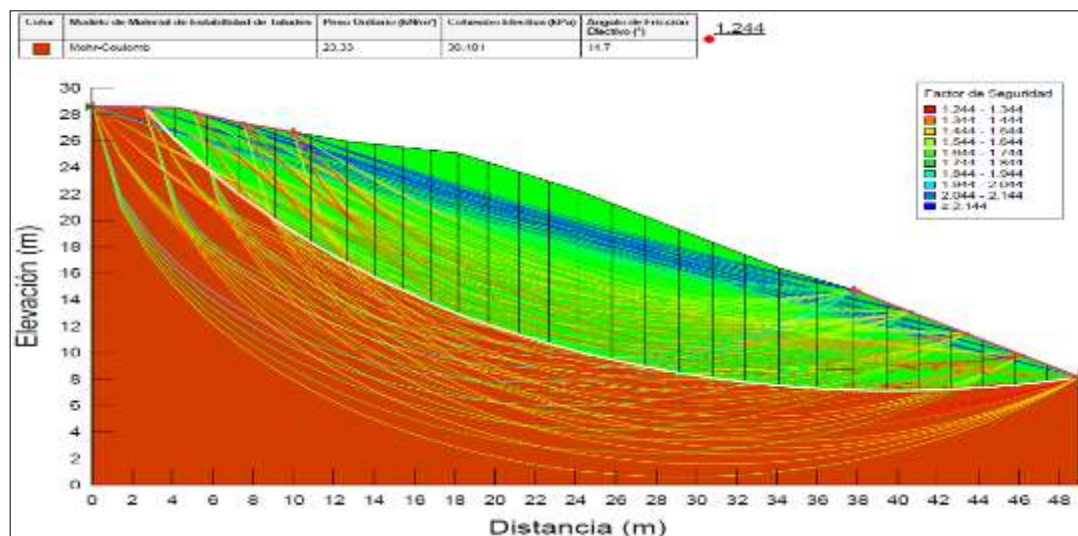
Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Spencer



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Spencer es de 1.244.

Figura 37

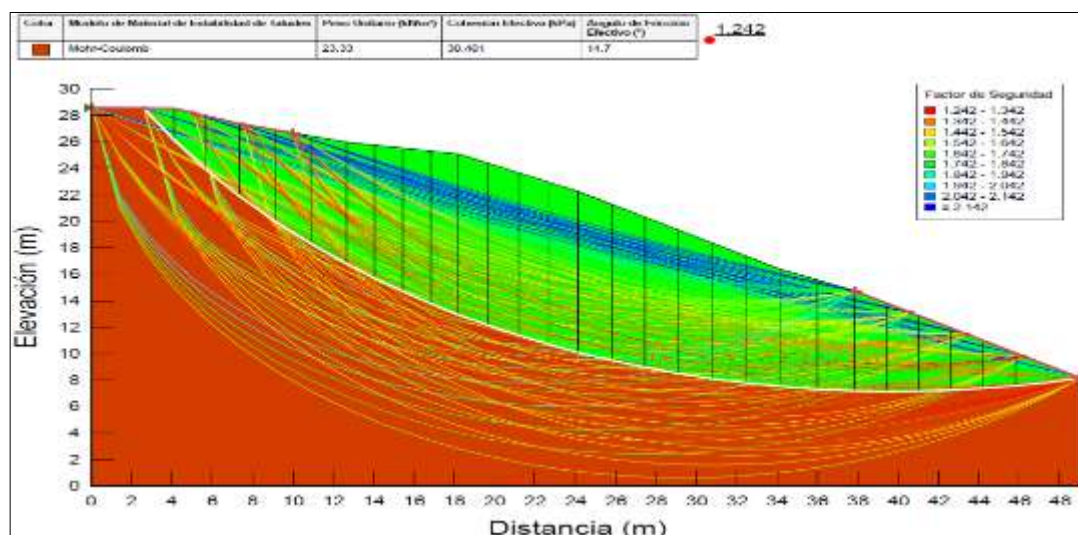
Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Morgenstern & Price



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Morgenstern & Price es de 1.244.

Figura 38

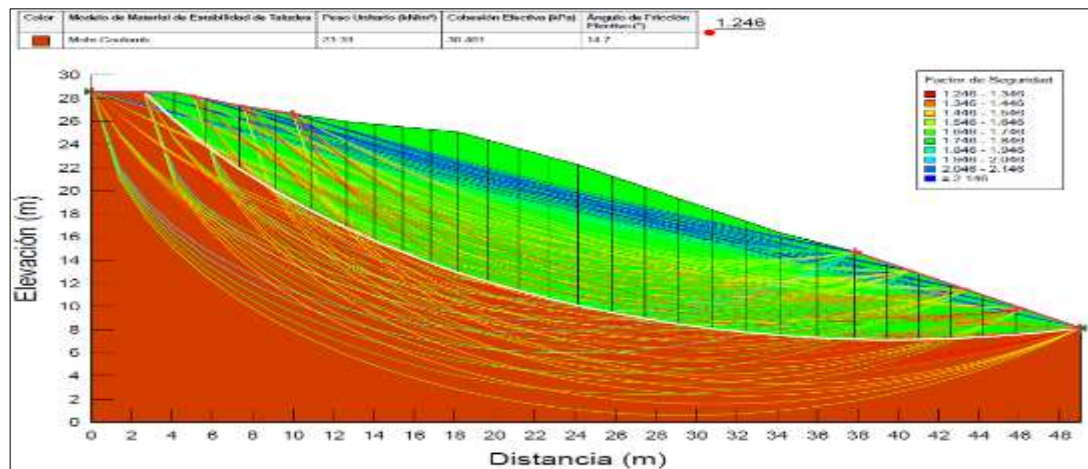
Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Sarma



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Sarma es de 1.242.

Figura 39

Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Bishop

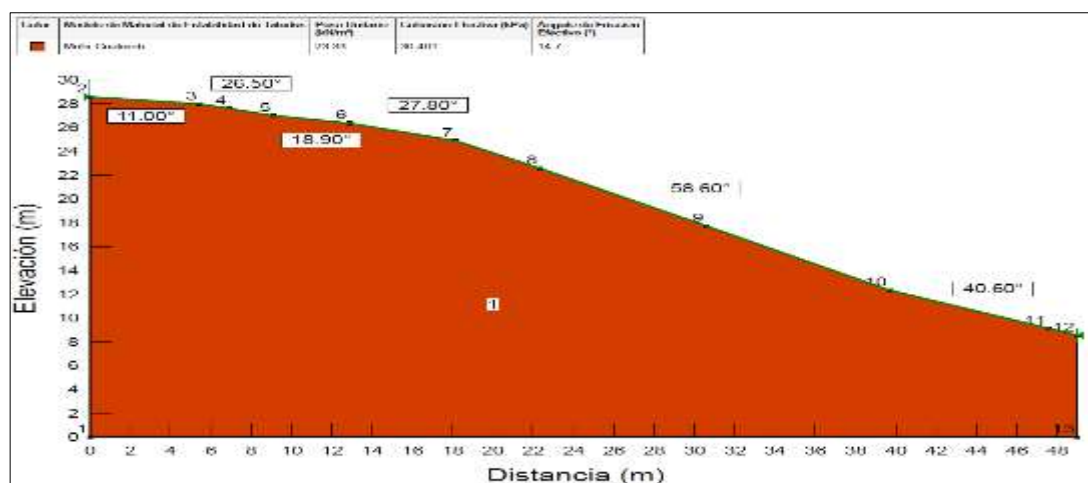


Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Bishop es de 1.246.

En las **Figuras del 40 al 46** Se detalla la inclinación y los factores de seguridad obtenidos con los valores de resistencia del terreno sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver en la sección trazada S-3, que aparecen en la Figura 23, en la estación 0+060. Estos factores de seguridad se determinan empleando los métodos de Ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, Sarma y Bishop.

Figura 40

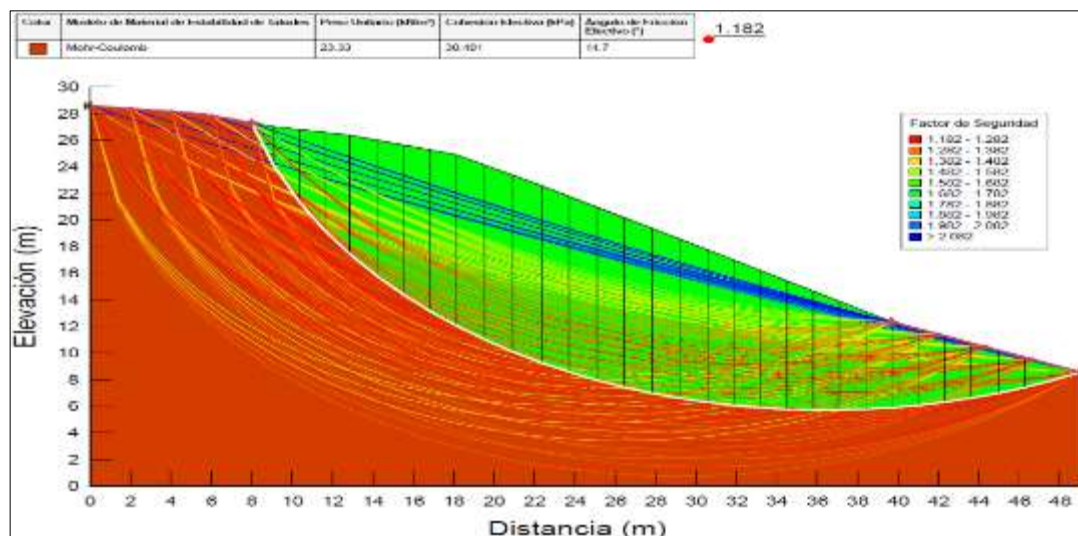
Pendiente de la sección S-3 sin tener en consideración el diseño biomecánico y la planta vetiver



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen tiene una variación en pendiente de 11.00 ° a 58.60°según la dirección y sentido de la Sección 3.

Figura 41

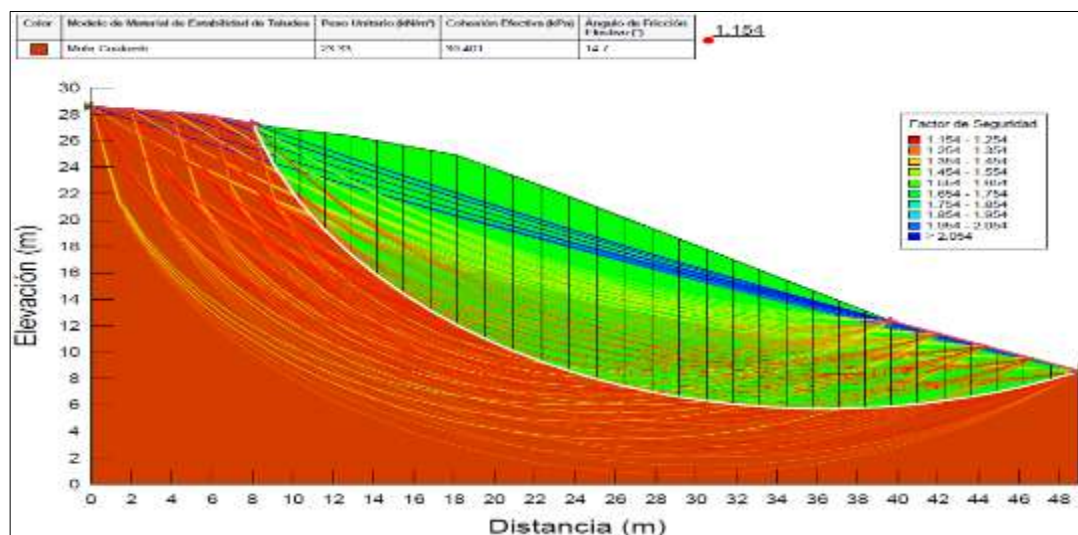
Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Ordinario



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Ordinario es de 1.182.

Figura 42

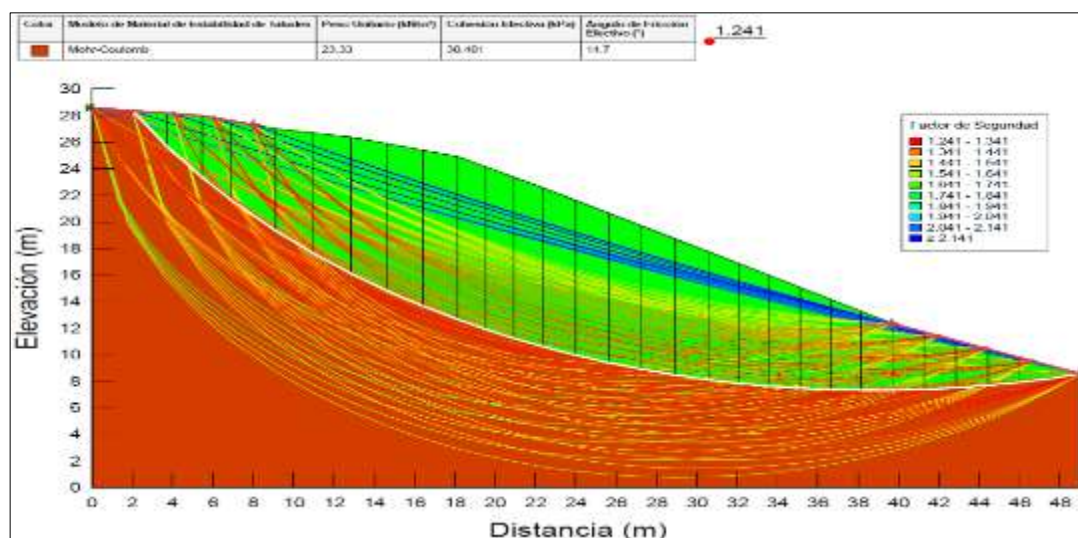
Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Janbu



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Janbu es de 1.154.

Figura 43

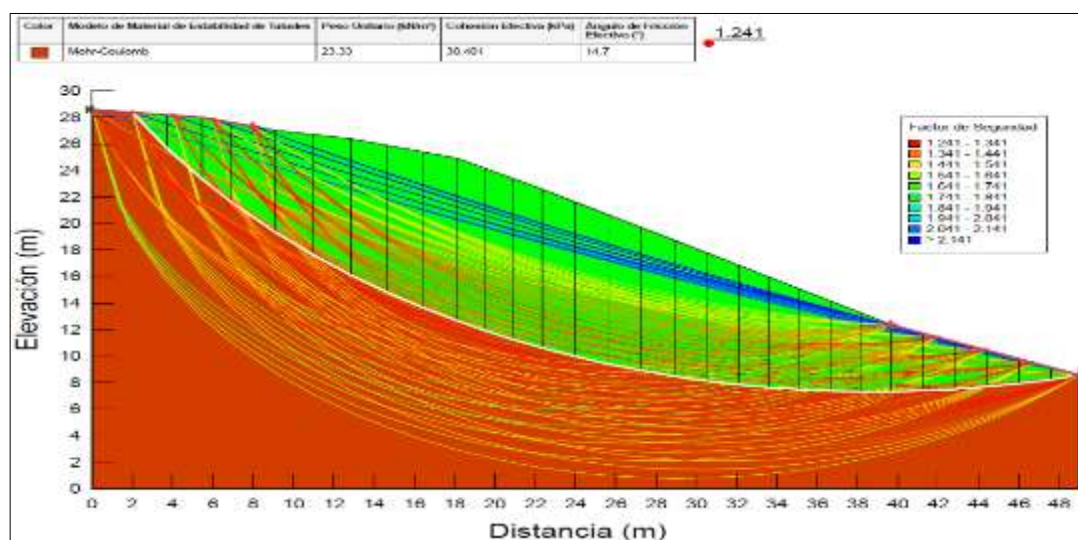
Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Spencer



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Spencer es de 1.241.

Figura 44

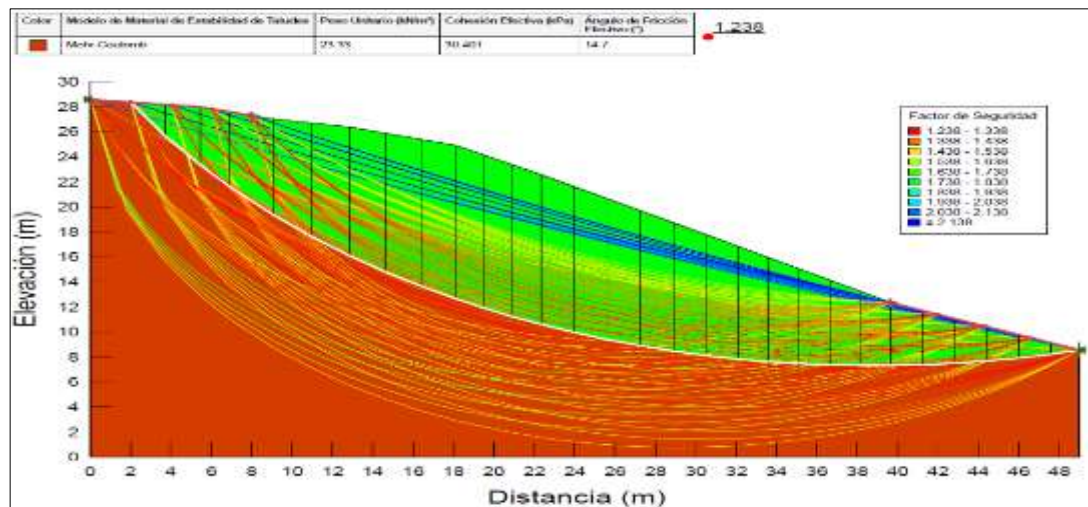
Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Morgenstern & Price



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Morgenstern & Price es de 1.241.

Figura 45

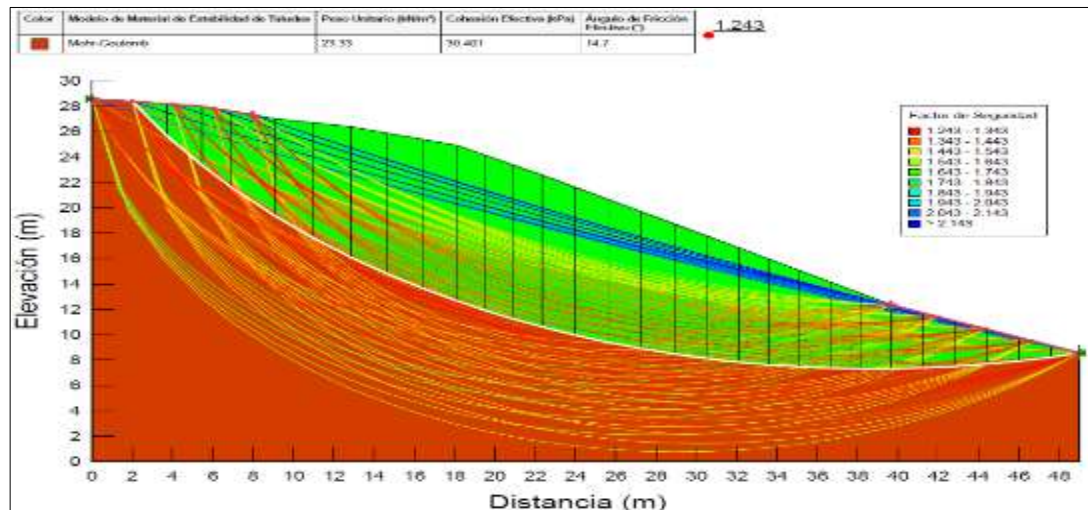
Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Sarma



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Sarma es de 1.238.

Figura 46

Factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Bishop



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Bishop es de 1.243.

En la presente **Tabla 15** Se detallan los factores de seguridad calculados en el estudio de análisis de estabilidad del terreno sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver para las secciones trazadas S-1, S-2 Y S-3. Los resultados reflejan la estabilidad del suelo en cada sección utilizando los métodos de análisis correspondientes.

Tabla 15

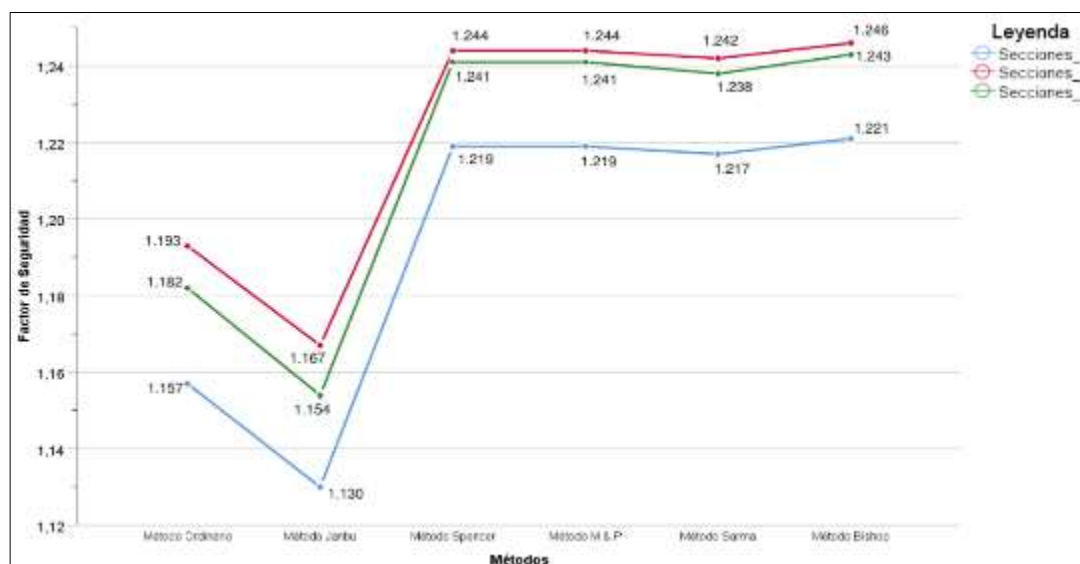
Resumen de los factores de seguridad sin considerar el efecto del diseño biomecánico y la planta vetiver, utilizando los métodos mencionados

Sección	FSe	FSe Mínimo	FSe Máximo
Sección S-1	1.157	1.130	1.221
	1.130		
	1.219		
	1.219		
	1.217		
	1.221		
Sección S-2	1.193	1.167	1.246
	1.167		
	1.244		
	1.244		
	1.242		
	1.246		
Sección S-3	1.182	1.154	1.243
	1.154		
	1.241		
	1.241		
	1.238		
	1.243		

Nota. Elaborado con el software IBM SPSS STATISTICS V.26.

Figura 47

Descripción de los factores de seguridad sin considerar el efecto del diseño biomecánico y la planta vetiver, utilizando los métodos mencionados



Nota. Elaborado con el software IBM SPSS STATISTICS V.26, Se observa que en la sección S1, los factores de seguridad calculados con los métodos sugeridos varían entre un mínimo de 1.130 y un máximo de 1.221. En la sección S2, los factores de seguridad obtenidos van desde un mínimo de 1.167 hasta un máximo de 1.246. Finalmente, en la sección S3, los

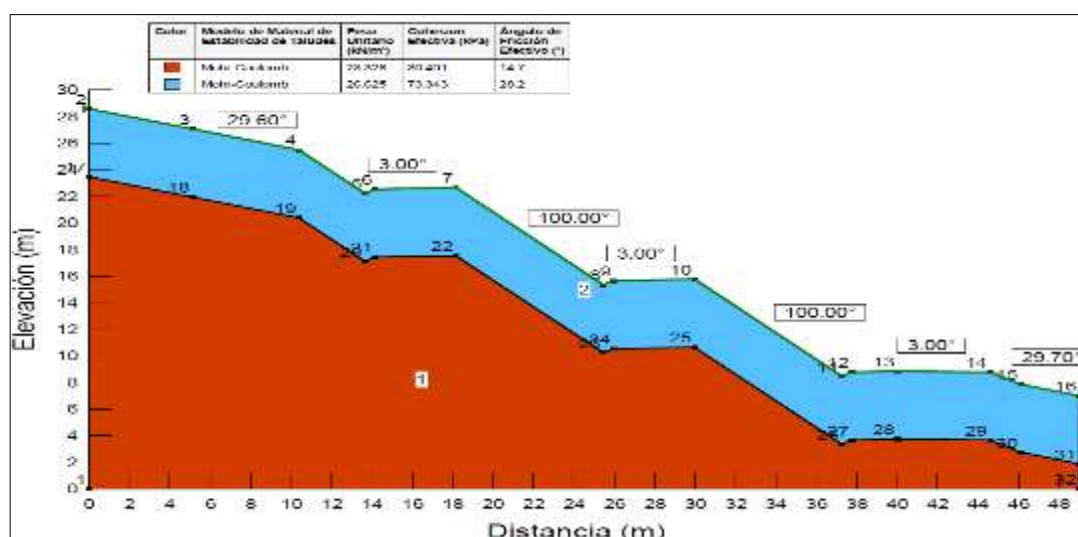
factores de seguridad oscilan entre un mínimo de 1.154 y un máximo de 1.243.

➤ **Análisis de Estabilidad de las Secciones Trazadas considerando el Efecto del Diseño Biomecánico y la Planta Vetiver**

En las presentes **Figuras del 48 al 54** Se detalla la inclinación y los factores de seguridad alcanzados con los valores de resistencia terreno considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver en la sección trazada S-1, que aparecen en la Figura 24, en la estación 0+020. Estos factores de seguridad se determinan empleando los métodos de Ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, Sarma y Bishop.

Figura 48

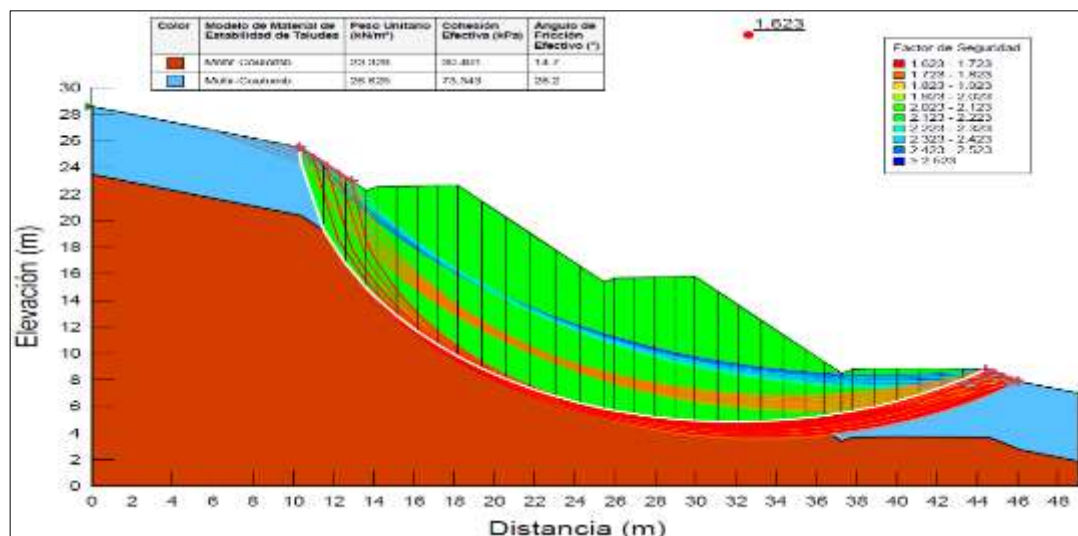
Pendiente de la sección S-1 teniendo en consideración el diseño biomecánico y la planta vetiver



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen tiene una variación en pendiente de 3.00° a 100° según la dirección y sentido de la Sección 1.

Figura 49

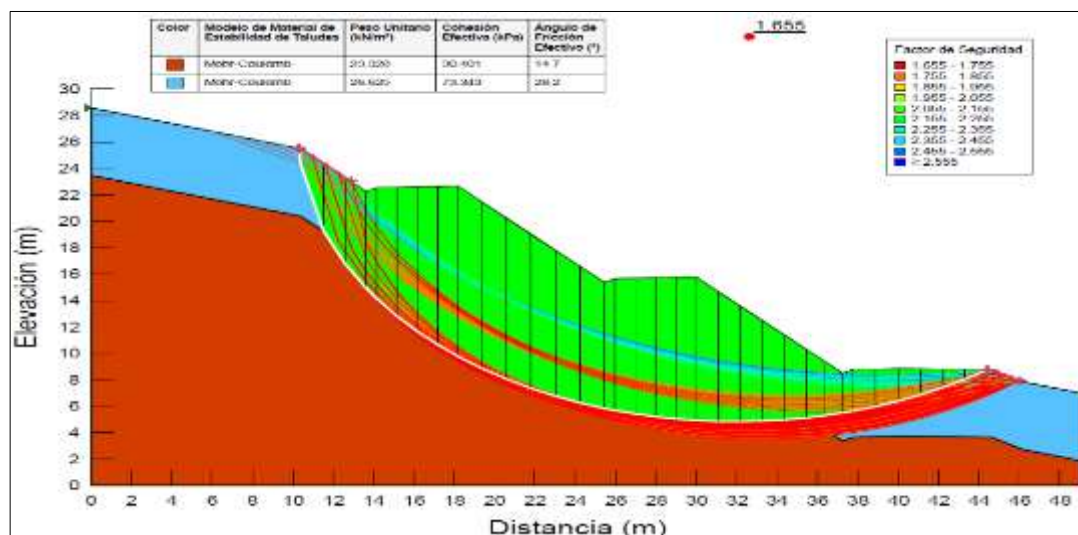
Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Ordinario



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Ordinario es de 1.623.

Figura 50

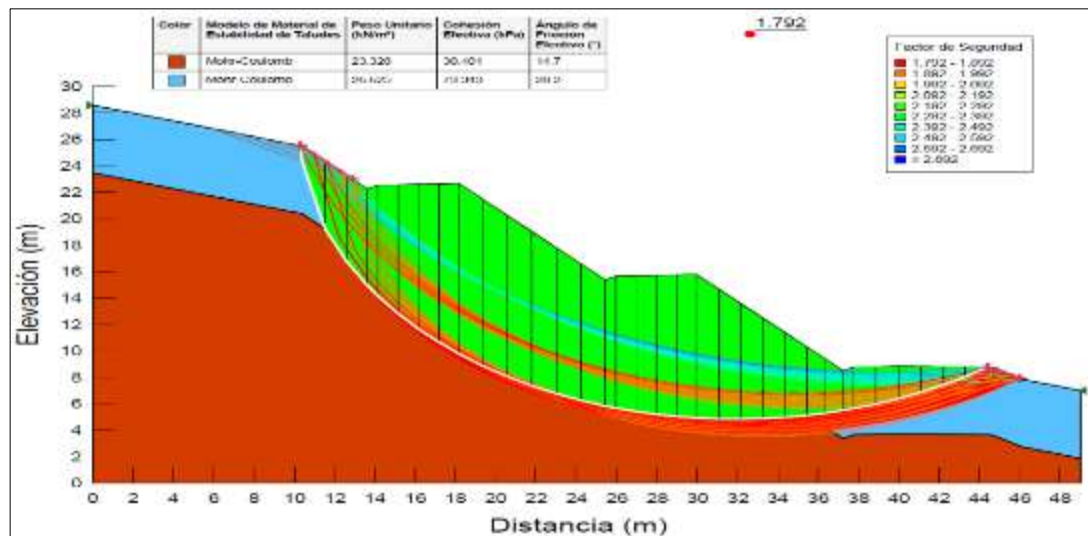
Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Janbu



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Janbu es de 1.655.

Figura 51

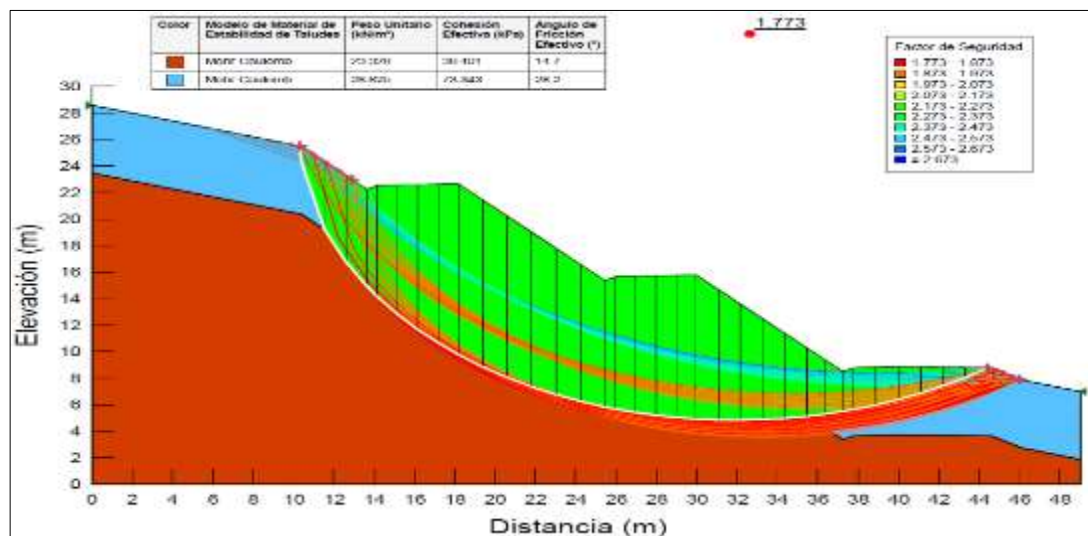
Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Spencer



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Spencer es de 1.792.

Figura 52

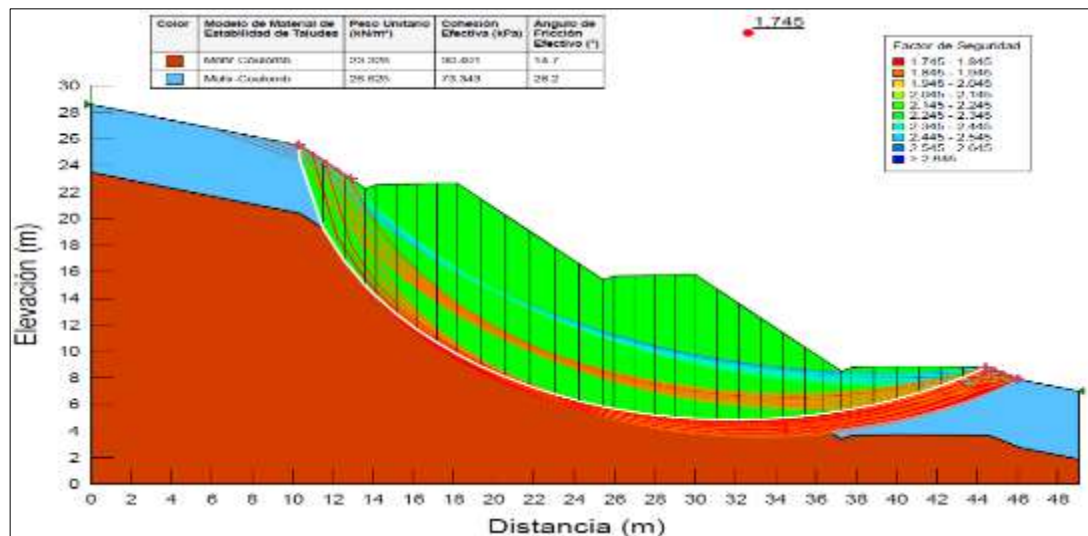
Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Morgenstern & Price



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Morgenstern & Price es de 1.773.

Figura 53

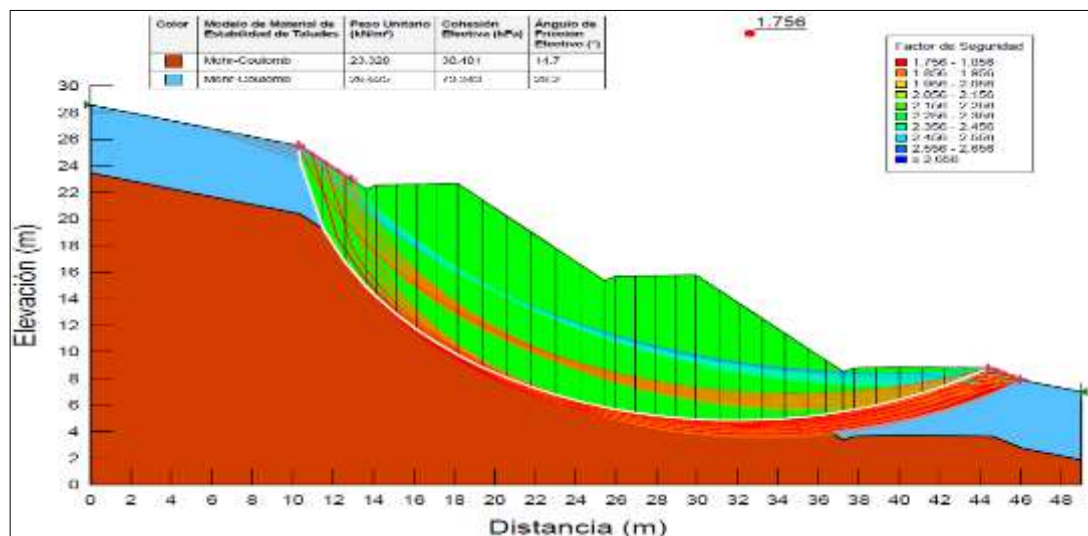
Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Sarma



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Sarma es de 1.745.

Figura 54

Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-1 de acuerdo al Método Bishop



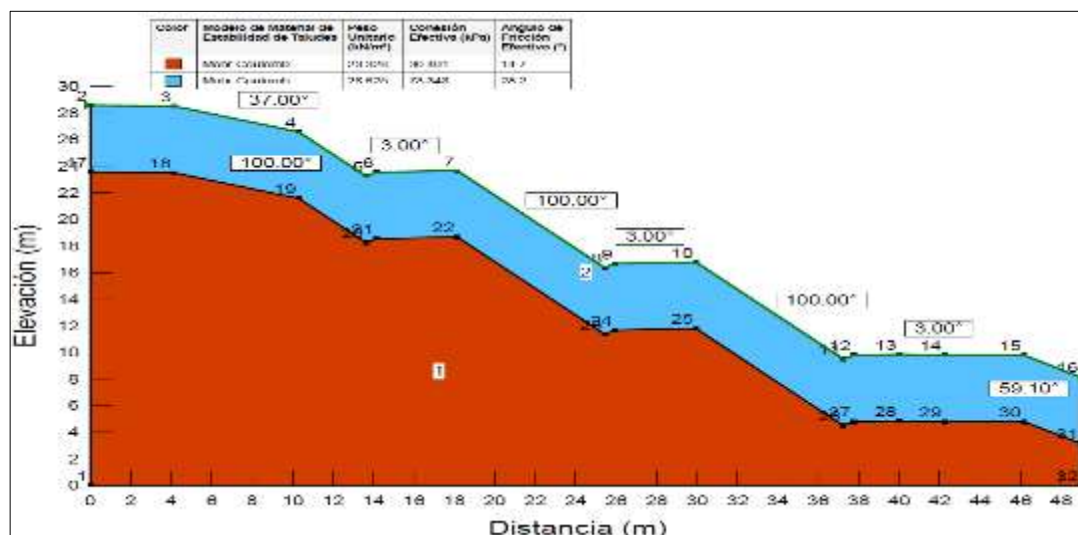
Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Bishop es de 1.756.

En las presentes **Figuras del 55 al 61** Se detalla la inclinación y los factores de seguridad obtenidos con los valores de resistencia del terreno considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver en la sección trazada S-2, que aparecen en la Figura 24, en la estación 0+040. Estos factores de

seguridad se determinan empleando los métodos de Ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, Sarma y Bishop.

Figura 55

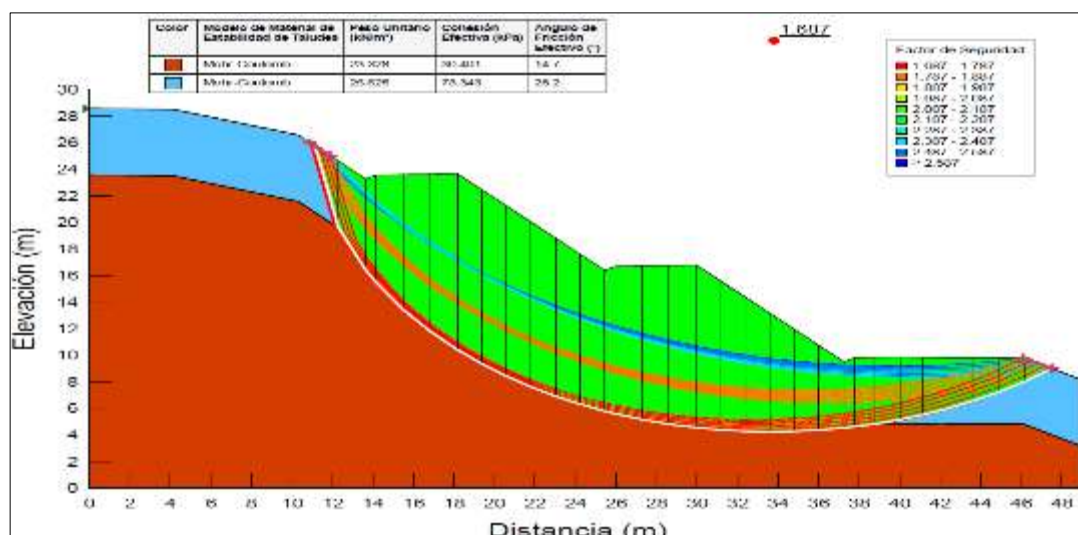
Pendiente de la sección S-2 teniendo en consideración el diseño biomecánico y la planta vetiver



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen tiene una variación en pendiente de 3.00 ° a 100°según la dirección y sentido de la Sección 2.

Figura 56

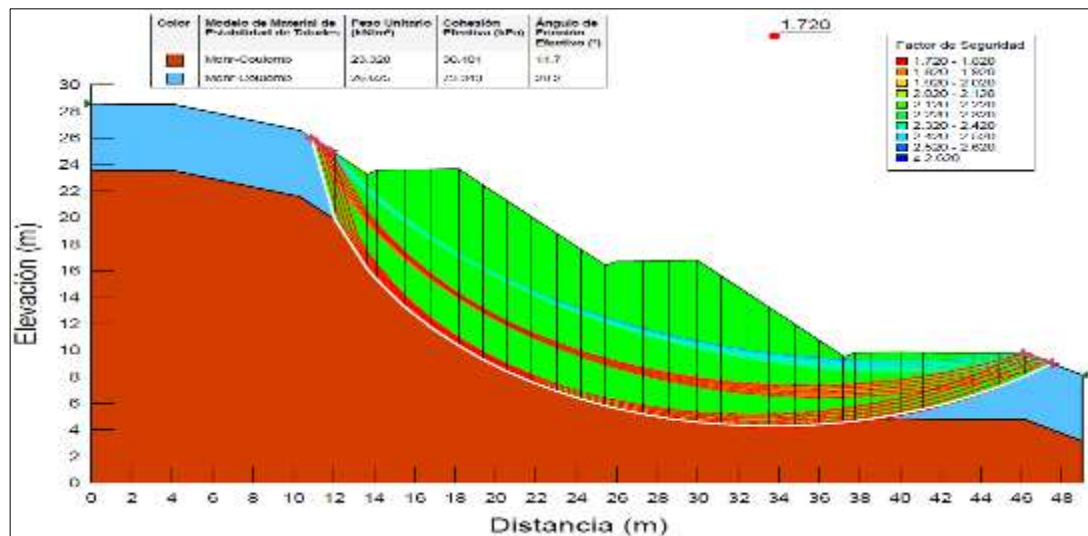
Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Ordinario



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Ordinario es de 1.687.

Figura 57

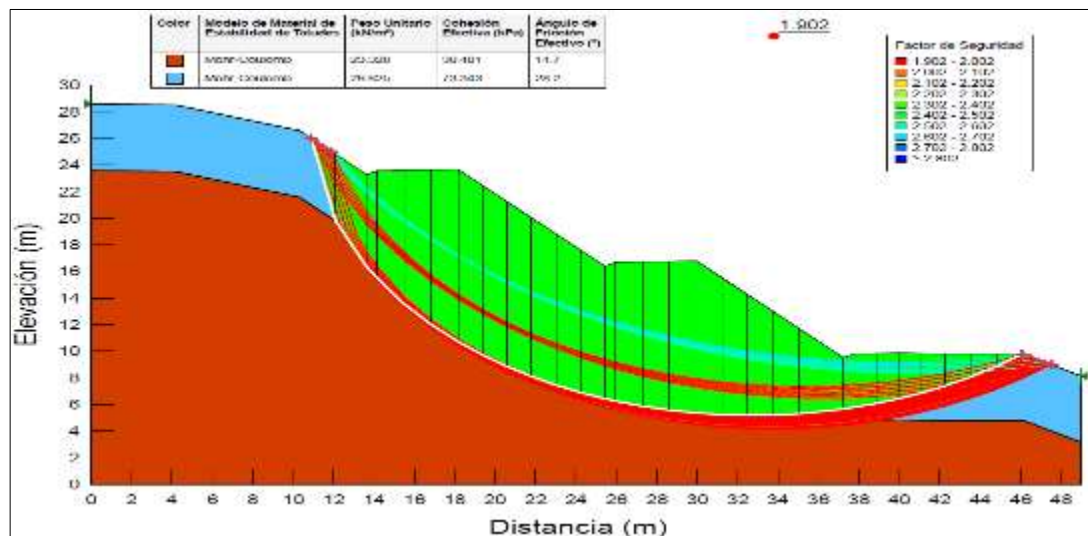
Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Janbu



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Janbu es de 1.720.

Figura 58

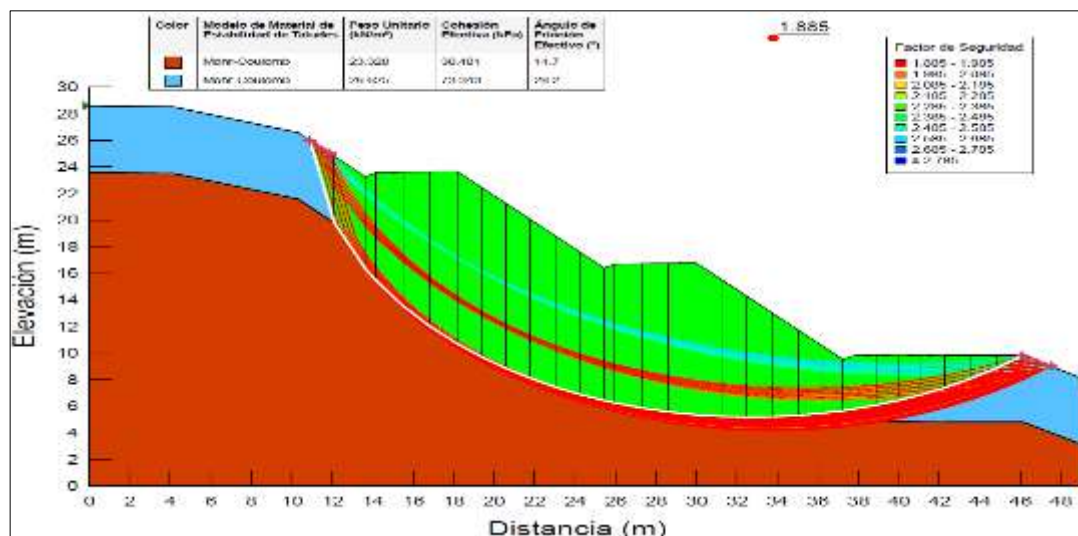
Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Spencer



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Spencer es de 1.902.

Figura 59

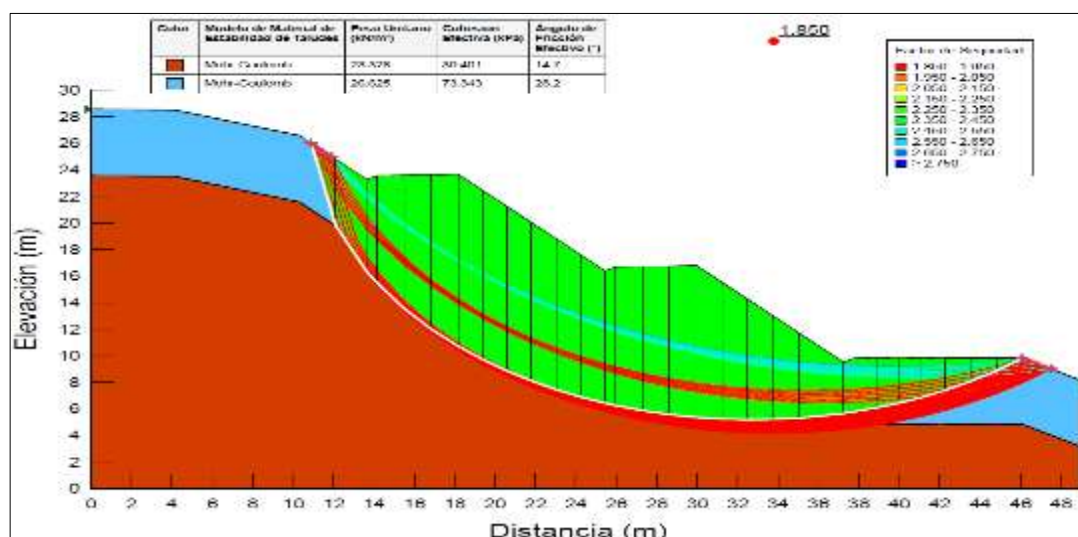
Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Morgenstern & Price



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Morgenstern & Price es de 1.885.

Figura 60

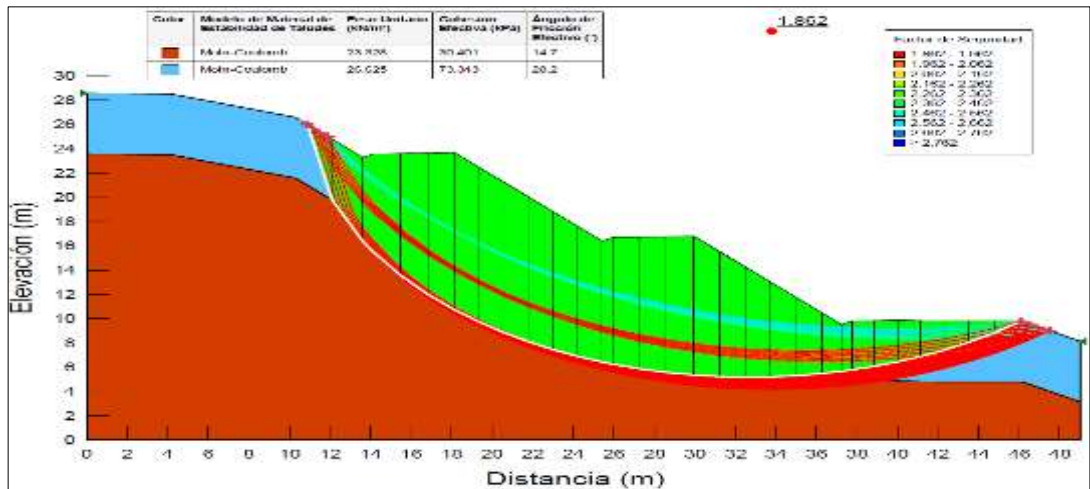
Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Sarma



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Sarma es de 1.850.

Figura 61

Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-2 de acuerdo al Método Bishop

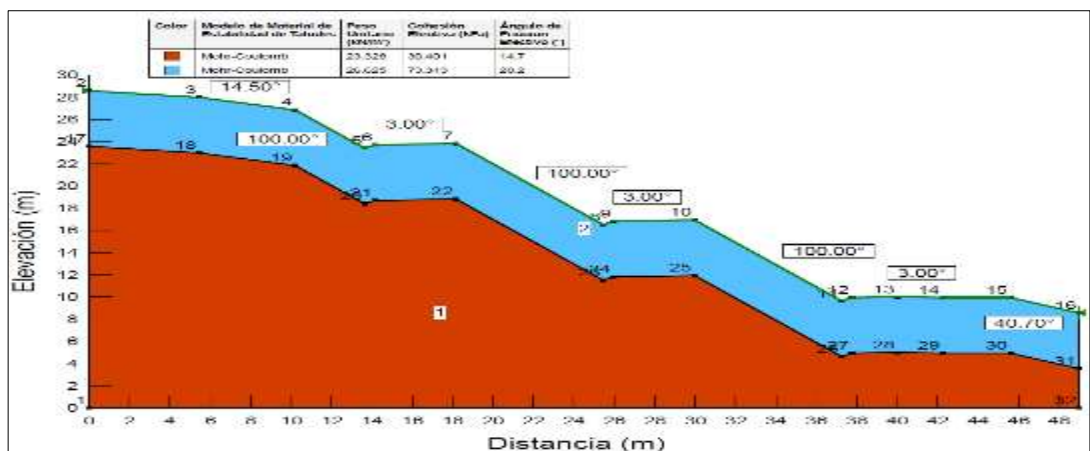


Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Bishop es de 1.862.

En las presentes **Figuras del 62 al 68** Se detalla la inclinación y los factores de seguridad obtenidos con los valores de resistencia del terreno considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver en la sección trazada S-3, que aparecen en la Figura 24, en la estación 0+060. Estos factores de seguridad se determinan empleando los métodos de Ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, Sarma y Bishop.

Figura 62

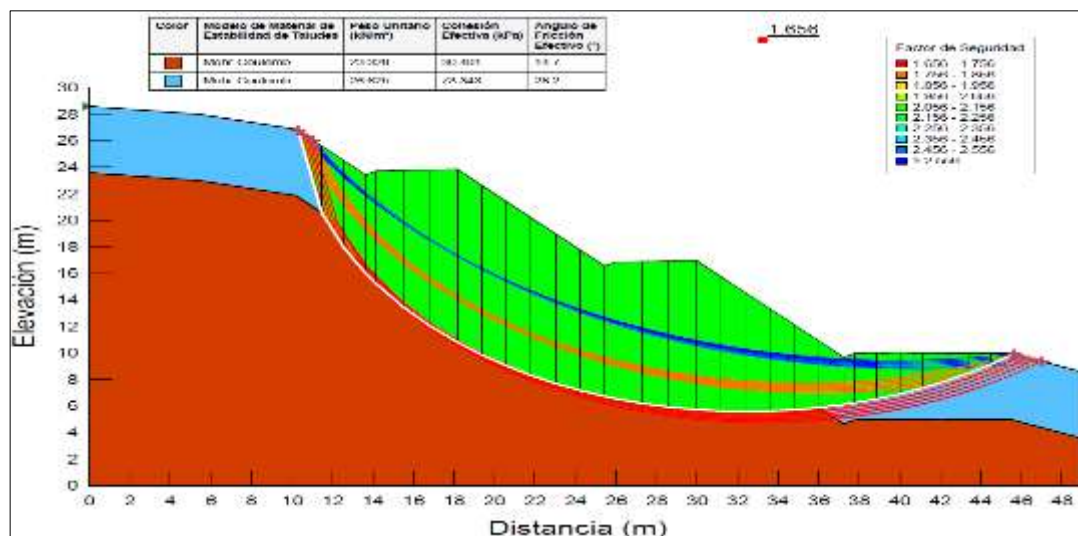
Pendiente de la sección S-3 teniendo en consideración el diseño biomecánico y la planta vetiver



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen tiene una variación en pendiente de 3.00 ° a 100°según la dirección y sentido de la Sección 3.

Figura 63

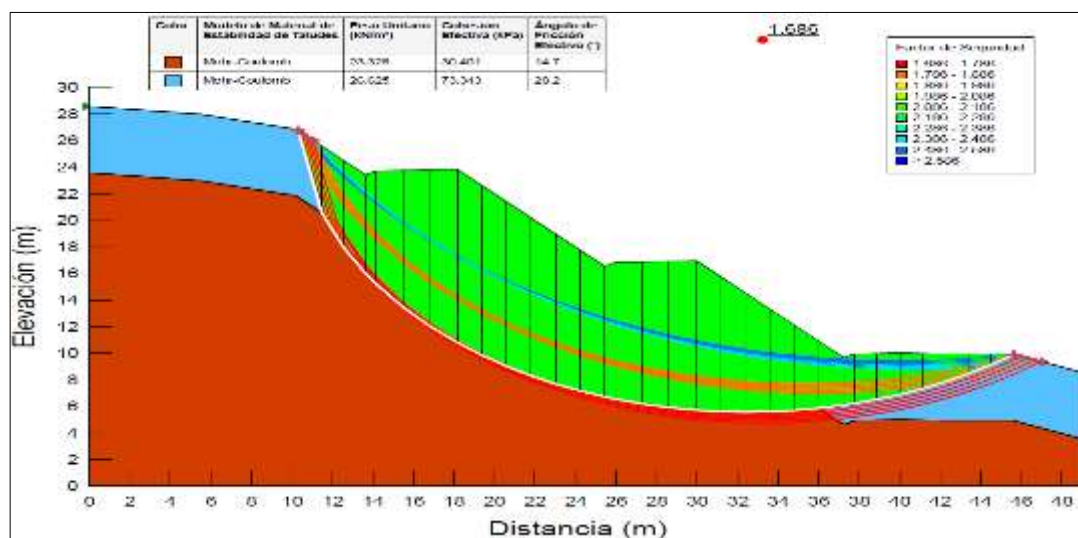
Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Ordinario



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Ordinario es de 1.656.

Figura 64

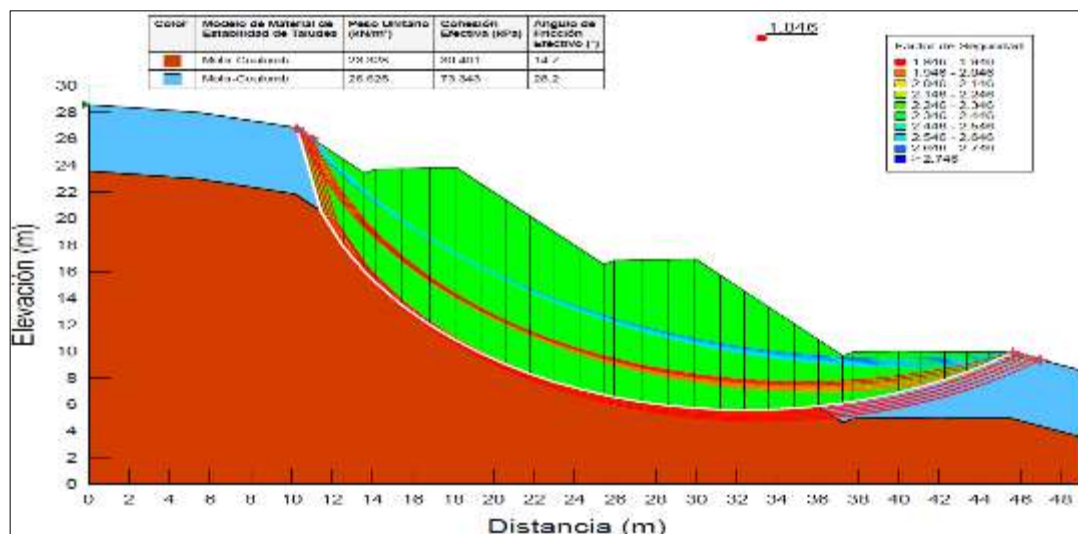
Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Janbu



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Janbu es de 1.686.

Figura 65

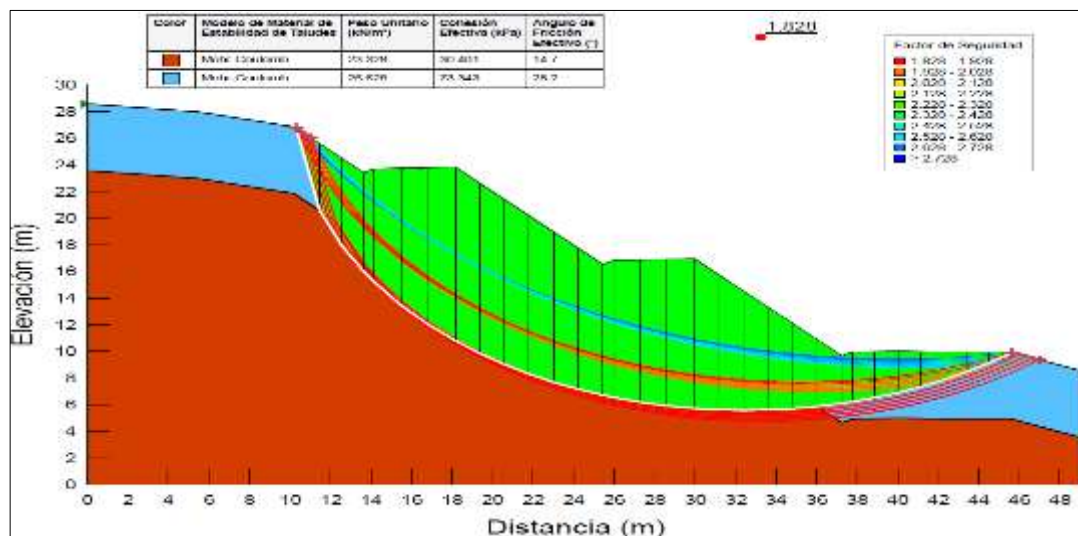
Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Spencer



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Spencer es de 1.846.

Figura 66

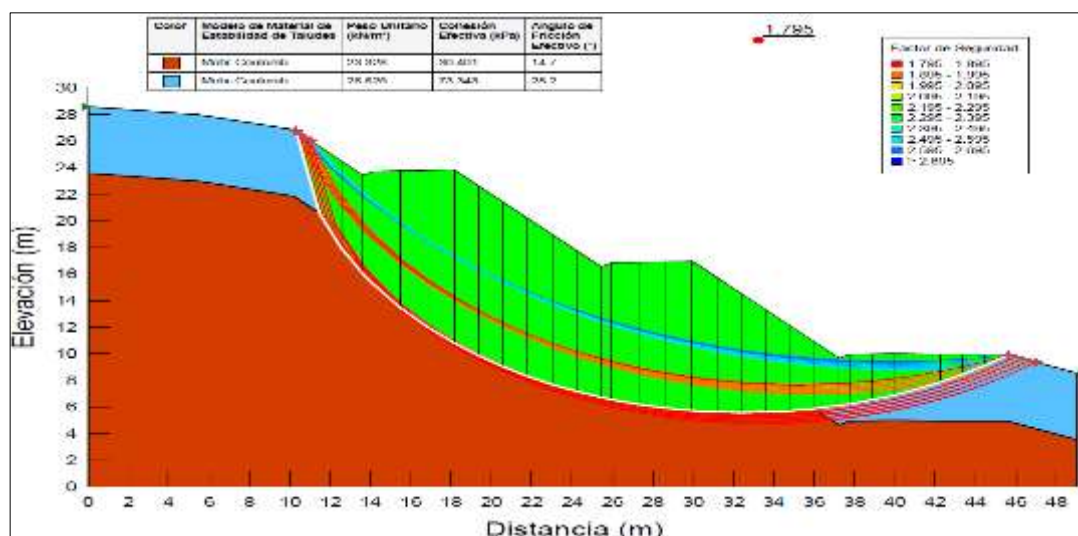
Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Morgenstern & Price



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Spencer es de 1.828.

Figura 67

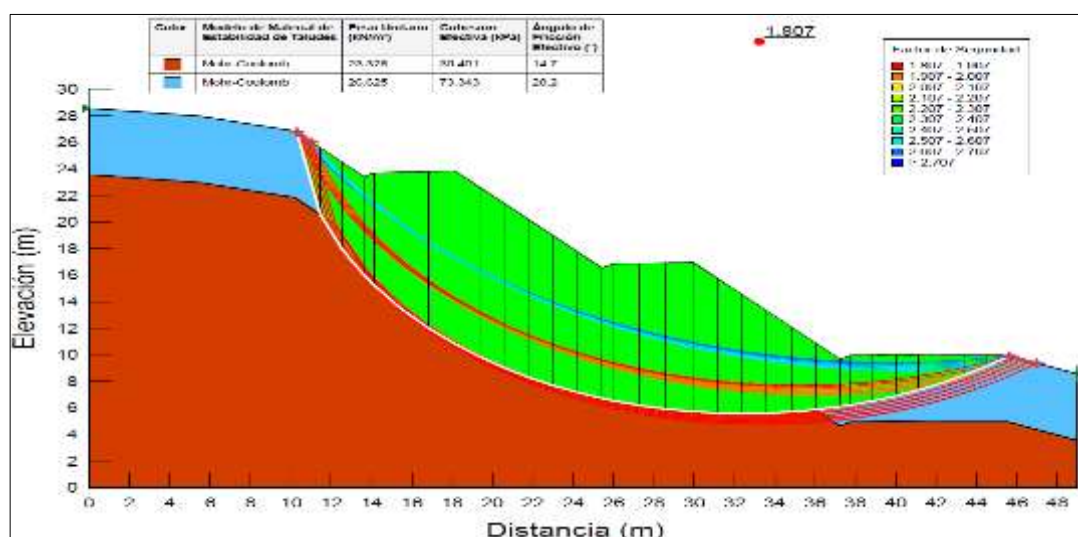
Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Sarma



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Sarma es de 1.795.

Figura 68

Factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver de la Sección trazada S-3 de acuerdo al Método Bishop



Nota. Elaborado con el software GeoStudio 2024.1.0, en donde se interpreta en la presente imagen que el factor de seguridad computado de acuerdo al Método Bishop es de 1.807.

En la presente **Tabla 16** Se detallan los factores de seguridad calculados en el estudio de análisis de estabilidad del terreno considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver para las secciones trazadas S-1, S-2 Y S-3. Los resultados reflejan la estabilidad del suelo en cada sección utilizando los

métodos de análisis correspondientes.

Tabla 16

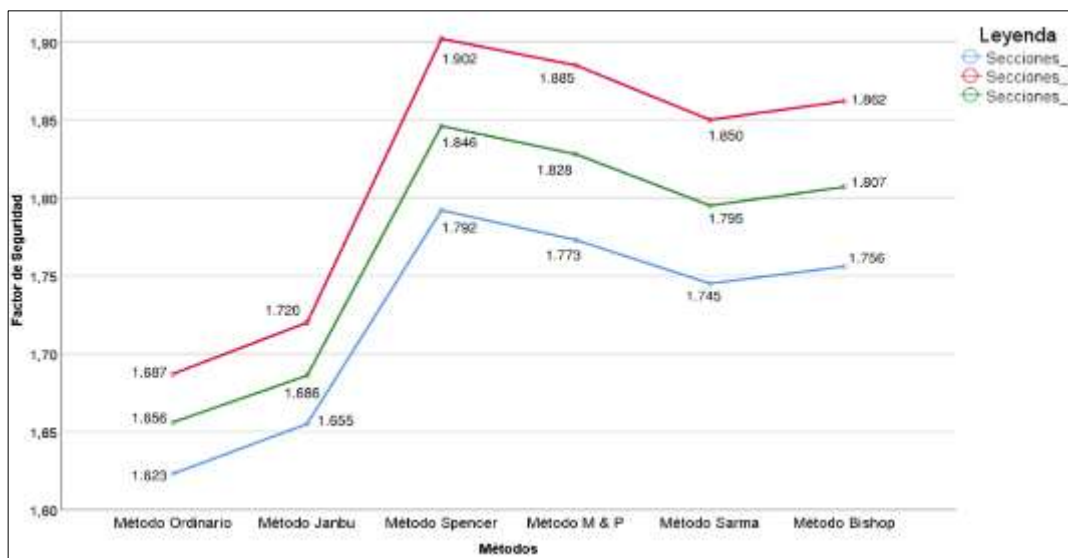
Descripción de los FS con la influencia de la planta vetiver con los métodos propuestos

Sección	FSe	FSe Mínimo	FSe Máximo
Sección S-1	1.623	1.623	1.792
	1.655		
	1.792		
	1.773		
	1.745		
	1.756		
Sección S-2	1.687	1.687	1.902
	1.720		
	1.902		
	1.885		
	1.850		
	1.862		
Sección S-3	1.656	1.656	1.846
	1.686		
	1.846		
	1.828		
	1.795		
	1.807		

Nota. Elaborado con el software IBM SPSS STATISTICS V.26.

Figura 69

Descripción de los factores de seguridad considerando el efecto del diseño biomecánico y la planta vetiver, utilizando los métodos mencionados



Nota. Elaborado con el software IBM SPSS STATISTICS V.26, Se observa que en la sección S1, los factores de seguridad calculados con los métodos propuestos varían entre un mínimo de 1.623 y un máximo de 1.792. En la sección S2, los factores de seguridad obtenidos van desde un mínimo de 1.687 hasta un máximo de 1.902. Finalmente, en la sección S3, los factores de seguridad oscilan entre un mínimo de 1.656 y un máximo de 1.846.

4.2. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

➤ Prueba de Hipótesis

Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk para verificar la normalidad de los 18 factores de seguridad extraídos de las secciones S-1, S-2 y S-3 en el análisis de estabilidad del terreno, sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver. El objetivo de esta prueba es determinar si los datos obtenidos presentan una distribución normal.

Con este fin, se establecen las siguientes hipótesis a continuación:

H₀: Si el p - valor es mayor o igual a 0.05, los datos siguen una distribución normal.

H₁: Si el p - valor es menor 0.05, los datos no siguen una distribución normal.

Tabla 17

Prueba de Shapiro-Wilk aplicada a los análisis de estabilidad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver

Variable	Shapiro-Wilk		Estadístico Descriptivo			
	Estadístico	Signif. asintótica (bilateral)	Media	Mediana	Desviación Estándar	
FSe sin DB Y PV	0.838 ^a	.005	1.2136	1.2200 ^a	0.0375	

a. Ajuste de significancia según Lilliefors.

Nota. Elaborado con el software IBM SPSS STATISTICS V.26, Se observa que los datos muestran simetría, dado que la media de 1.2136 es menor que la mediana de 1.200, y la prueba de Shapiro-Wilk para verificar la normalidad arroja un p-valor de 0.005, inferior al nivel de significancia de 0.05, lo que permite aceptar la hipótesis alternativa H_1 , indicando que no siguen una distribución normal; por ello, se procederá a validar la hipótesis específica mediante la prueba de Wilcoxon para una muestra, un método no paramétrico adecuado para datos simétricos que no siguen una distribución normal.

Se realiza la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad empleando los 18 factores de seguridad derivados de las secciones S-1, S-2 y S-3 del análisis de estabilidad del terreno, considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver. El objetivo de esta prueba es evaluar si los datos siguen una distribución normal. Con tal fin, se formulan las hipótesis vinculadas con el criterio de normalidad de los datos:

H₀: Si el p - valor es mayor o igual a 0.05, siguen una distribución normal.

H₁: Si el p - valor es menor 0.05, no siguen una distribución normal.

Tabla 18

Prueba de Shapiro-Wilk aplicado a los análisis de estabilidad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver

Variable	Shapiro-Wilk		Estadísticos Descriptivos			
	Estadístico	Signif. asintótica (bilateral)	Media	Mediana	Desviación Estándar	
FSe con DB Y PV	0.960 ^a	.600	1.7713	1.7825	0.08479	

a. Ajuste de significancia según Lilliefors.

Nota. Elaborado con el software IBM SPSS STATISTICS V.26, Se observa que los datos son simétricos, con una media de 1.7713, menor que la mediana de 1.7825. la prueba de Shapiro-Wilk para verificar la normalidad arroja un p-valor de 0.600, mayor que 0.05, lo que permite aceptar la hipótesis nula H_0 indicando que siguen una distribución normal. Por ello, se procederá a validar la hipótesis específica utilizando el test t de Student para una muestra, apropiado para datos simétricos que presentan distribución normal.

➤ Contrastación de Hipótesis

Se efectúa la prueba de *Wilcoxon* para una sola muestra con el fin de analizar la Hipótesis Específica 1:

Método Wilcoxon

α : mediana del factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver.

Formulación de la Hipótesis

H_0 : No se puede determinar con el cálculo del factor de seguridad que la planta vetiver incrementa la estabilización del talud ante deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023.

$$H_0: \alpha \geq 1.50$$

H_2 : Si se puede determinar que el diseño de trinchos y banquetas del sistema biomecánico ayuda a mejorar la estabilización del talud ante el deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023.

$$H_2: \alpha < 1.50$$

Análisis

Si el p - valor es mayor o igual a 0.05, por lo tanto, se acepta la H_0

Si el p - valor es menor 0.05, por lo tanto, se descarta la H_0

Tabla 19

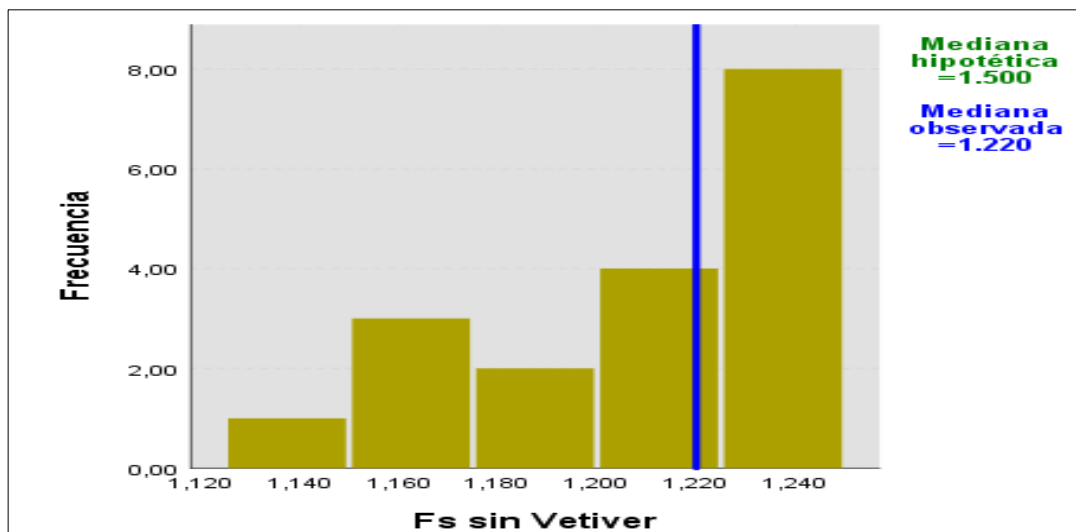
Prueba de Wilcoxon para una sola muestra, relacionada con la Hipótesis Específica 1

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión	N	Estadísticos de Contraste
La mediana de FSe sin DB Y PV	Prueba Wilcoxon para una muestra	.000	Descartar la H_0	8	171

Nota. Elaborado con el software IBM SPSS STATISTICS V.26, Se obtiene p - valor = 0.0003 es menor 0.05 Por lo tanto, se acepta la Hipótesis Específica 1.

Figura 70

Prueba de Wilcoxon para una sola muestra, relacionado con la Hipótesis Específica 1



Nota. Elaborado con el software IBM SPSS STATISTICS V.26, La prueba de Wilcoxon muestra que la media observada de 1.220 es menor que la media hipotética de 1.50, y que todos los datos están por debajo de 1.50. Con porcentaje de certeza del 95%, se concluye que el factor de seguridad sin considerar el diseño biomecánico y la planta vetiver, se sitúa por debajo del límite de 1.50, lo que sugiere que la zona podría ser inestable.

Se efectúa la prueba de t-Student para una sola muestra con el fin de analizar la Hipótesis Específica 2:

Método de T-Student:

α : mediana del factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver.

Formulación de la Hipótesis

H₁: Si se puede determinar con el cálculo del factor de seguridad que la planta vetiver incrementa la estabilización del talud ante deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023.

$$H_1: \alpha \geq 1.5$$

H₀: No se puede determinar que el diseño de trinchos y banquetas del sistema biomecánico ayuda a mejorar la estabilización del talud ante el deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023.

$H_0: \alpha < 1.5$

Análisis

Si el p - valor es mayor o igual a 0.05, por lo tanto, se acepta la H_2

Si el p - valor es menor 0.05, por lo tanto, se descarta la H_0

Tabla 20

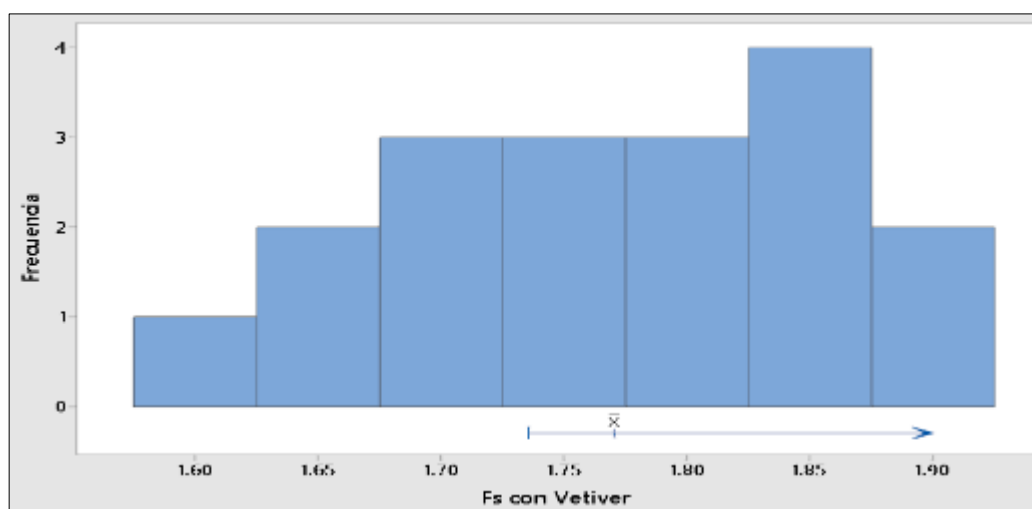
Prueba de t-Student para una sola muestra, relacionado con la Hipótesis Específica 2

Muestra			p- valor	M ediana	Desvia ción Estándar	Límite superior al 95% del intervalo de confianza
FSe con DB	3.53	7	0.000	1.770	0.0848	1,8126

Nota. Elaborado con el software Minitab v.19, Se obtuvo un p-valor = 0.000, que es menor que 0.05; por lo tanto, se descarta la H_0 y se acepta la Hipótesis Específica 2

Figura 71

Prueba de Wilcoxon de una muestra, de la Hipótesis específica 2



Nota. Elaborado con el software Minitab v.19, La prueba de T de Student, muestra que la mediana observada de 1.770 excede el valor de la media hipotética de 1.50, y que todos los datos están por encima de 1.50. Con porcentaje de certeza del 95%, se concluye que el factor de seguridad considerando el diseño biomecánico y la planta vetiver, se sitúa por encima del umbral de 1.50, lo que sugiere que la zona podría ser estable.

Resumiendo, dado que las hipótesis específicas 1 y 2 han sido validadas, también se acepta la hipótesis general, lo que lleva a la conclusión de que la *propuesta de estabilización de talud mediante diseño biomecánico*

con la planta vetiver ante deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra
- Huánuco 2023

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Se realiza una comparación de los hallazgos obtenidos en este estudio con los de investigaciones previas:

Instituto Nacional de Defensa Civil de Huánuco (2011). Esta investigación de “*Mapa de Peligros, Plan de Usos del Suelo Ante Desastres y Medidas de Mitigación de la Ciudad de Huánuco*” identificó y clasificó los riesgos geotécnicos alrededor de la zona de muestreo, destacando el peligro de deslizamientos en la quebrada Tingoragra. La investigación confirma que esta zona es inestable, con factores de seguridad entre 1.130 y 1.246, inferiores al umbral de 1.5 determinado por el RNE CE.020 para la estabilidad de taludes.

Tardío (2016). En su tesis de posgrado “*New Tools and Routines for Ecotechnological Slope Stability Analysis*”, la investigación analiza la estabilidad de taludes con una inclinación de 45°, comparando muestras de suelo tratadas con planta vetiver y aquellas con vetiver cultivado. Los hallazgos indican que los factores de seguridad son de 0.89 para las muestras que han sido tratadas y de 1.01 para aquellas que incluyen vetiver en su desarrollo natural, evidenciando que la estabilidad mejora cuando el vetiver está sembrado y en desarrollo natural.

Esta investigación evalúa la estabilidad en secciones con diferentes pendientes, utilizando solo muestras tratadas con raíces de vetiver y un diseño biomecánico. Los factores de seguridad encontrados van de 1.687 a 1.902, lo que sugiere que el uso natural del vetiver podría aumentar significativamente la seguridad.

Rufino (2012). En su tesis de posgrado “*Estudo da Aplicação do Vetiver na Melhoria dos Parâmetros de Resistência ao Cisalhamento de Solos em*

Taludes”, se evalúa la resistencia del suelo a través de ensayos de corte en muestras de suelos y taludes cultivados con vetiver durante periodos de 1 a 3 años y 7 años. Los hallazgos revelan que los parámetros de resistencia al corte incrementan de manera proporcional al tiempo de cultivo, evidenciando que un periodo de siembra más prolongado fortalece la resistencia del suelo.

De forma similar, en este estudio se analiza la resistencia del suelo a través de ensayos de corte en muestras de raíces de una planta de vetiver que ha crecido durante casi 4 años. Los resultados indican un aumento en los parámetros de resistencia al corte, que abarcan el peso específico, la cohesión y el ángulo de fricción.

Rufino & Motta (2013). En su investigación titulada *Resistência ao Cisalhamento de Solos e Taludes Vegetados com capim vetiver*, Se llevó a cabo un estudio de estabilidad en un talud con una pendiente de 45 grados y una cobertura de vetiver de 7 años, aplicando los métodos de Morgenstern & Price, Bishop y Janbu. Los hallazgos revelaron un incremento aproximado del 267.09% en el promedio del índice de seguridad.

La investigación se analizó la estabilidad de taludes en las secciones, utilizando métodos como Ordinario, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, Sarma y Bishop en las secciones S-1, S-2 y S-3, cuyas inclinaciones varían entre 2. 90° y 63. 70° en la sección S1, de 1. 70° a 59. 10° en S2, y de 11.00° a 58. 60° en S3. Se incorporó una cobertura de vetiver de 4 años, y los resultados mostraron incrementos en el factor de seguridad del 144.41% en la sección S-1, un 148.66% en S-2 y un 145.47% en S-3, alineándose con hallazgos de investigaciones anteriores.

CONCLUSIONES

La implementación del diseño biomecánico con la planta vetiver ha resultado ser una solución eficiente para estabilizar el talud en la quebrada Tingoragra, en Huánuco. Los factores de seguridad en las áreas analizadas superan el límite de 1.50 establecido por el RNE CE. 020, lo que refleja una mejora notable en la estabilidad del suelo. Además, la capacidad de las raíces de vetiver para aumentar la cohesión y el ángulo de fricción del terreno respalda su efectividad como estrategia para reducir el riesgo de deslizamientos en el área de estudio.

La planta vetiver ha probado ser extremadamente eficaz en la mejora de la estabilización del talud en la zona de estudio. En las secciones evaluadas, los factores de seguridad mostraron un aumento notable, con valores que van de 1.623 a 1.792 en la sección S1, de 1.687 a 1.902 en la sección S2, y de 1.656 a 1.846 en la sección S3. Estos resultados superan con creces el límite crítico de 1.50 establecido para la estabilidad del talud. Este aumento en los factores de seguridad indica una mejora significativa en la resistencia del suelo, con un incremento promedio del 30% al 45% en comparación con los valores anteriores. Por lo tanto, la planta vetiver no solo incrementa la resistencia del suelo, sino que también disminuye de manera efectiva el riesgo de deslizamientos en la quebrada de Tingoragra.

La aplicación del diseño biomecánico junto con la planta vetiver ha logrado una mejora notable en la estabilidad de los taludes, incluso en terrenos con inclinaciones muy pronunciadas. En las secciones analizadas, las pendientes varían entre el 3.00% y el 100.00% en la sección S1, así como en la sección S2 y S3, lo que evidencia la capacidad de adaptación del sistema ante condiciones difíciles. Se ha observado un aumento en los parámetros de resistencia del suelo, tales como la cohesión y el ángulo de fricción, lo que contribuye a una mayor seguridad y estabilidad del terreno. Por lo tanto, se ratifica que la combinación del diseño biomecánico con la planta vetiver es una estrategia eficaz y factible para mitigar deslizamientos en la quebrada de Tingoragra.

RECOMENDACIONES

Fomentar en la región de Huánuco el cultivo de la planta vetiver, tomando en cuenta las diferentes especies y variedades para analizar su crecimiento en diversas condiciones climáticas locales. La utilización de invernaderos permitirá establecer un ambiente controlado para probar y adaptar el cultivo de vetiver a las condiciones específicas de la zona, garantizando su capacidad estabilizadora en situaciones reales de campo. Esto permitirá optimizar el diseño biomecánico, logrando una estabilización más eficiente de los taludes en la quebrada Tingoragra.

Es esencial analizar el potencial de las raíces de vetiver para crecer a más de 5 metros de profundidad, ya que esta capacidad podría ser determinante para estabilizar suelos en fallas más profundas. Examinar el comportamiento y desarrollo de estas raíces a dichas profundidades permitirá crear estrategias más eficaces para el fortalecimiento de suelos, mejorando la estabilidad de taludes y disminuyendo notablemente el riesgo de deslizamientos en áreas propensas. Este conocimiento es vital para aplicar soluciones duraderas y sostenibles en la gestión de suelos en regiones de alto riesgo.

Se propone introducir la planta vetiver en el área de estudio y realizar un seguimiento prolongado de su adaptación. Este proceso de observación permitirá analizar su efectividad en relación con otras estrategias de estabilización de suelos, comparando tanto el rendimiento como los costos de esta alternativa. De este modo, se podrá confirmar la viabilidad del diseño biomecánico como una solución eficiente y sostenible para mitigar deslizamientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. (2021). *Standard Method of Test for Particle-Size Analysis of Soils*. Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Alianza Oxean Gb & Esfra & Ismugua (2007). *Estabilización de Laderas en Ambientes Urbanos de Guatemala*, Centro América (1ra Ed). Guatemala.
- Bazán R. (1997). *Manual de Procedimientos de los Análisis de Suelos y Agua con Fines de Riego*. Repositorio Institucional INIA. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf
- Borja Suarez, Manuel (2012), *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. Perú.
- Braja M. Das (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. (4° ed.). México: Cengage Learning Ediciones OVA.
- Chávez, G. (2022). *Utilización de Pasto Vetiver (Chrysopogon Zizanioides) como Alternativa para la Estabilización de Taludes* [Trabajo de investigación, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio de la USAT. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/5645>
- CHONG, C. W.; CHU, L. M. Growth of vetiver Grass for cut slope landscaping: effects of container size and watering rate. *Urban Forestry and Urban Greening*, Jena, v. 6, n. 3, p. 135-141, 2007.
- Corominas, J. y García Yagüe, A. (1997). *Terminología de los Movimientos de Ladera*. IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. (pp. 1051-1072).
- Crespo Villalaz, Carlos (2004), *Mecánica de Suelos y Cimentaciones* (5ta Ed). México: Limusa.
- Deméneghi C., A., Magaña T., R. (2006). *Apuntes de mecánica de suelos*.

Ciudad de México: Facultad de Ingeniería.

Departamento de Mecánica y Geotecnia (2012). *Introducción al uso del programa SLOPE/W versión 2012-Student*. España: Universidad de Córdoba

Estrada Bautista, V.V., y Soberanis Bello, J.J., (2014). *Estabilidad de taludes en suelos*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional de la UNAM. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000712861>

Fernández del Castillo, T., Irigaray, C., El Hamdouni Jenoui, R., y Chacón Montero, J. (2001). *Susceptibilidad a los movimientos de laderas mediante S.I.G. en el sector de la Contraviesa (Granada). V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables*. (pp. 331-342). Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, CEDEX.

GOLDSMITH, W. (2006). Soil strength reinforcement by plants. In: International Erosion Control. Proceeding Salem: Proceedings of Annual Conference, 2006. p. 3-18.

Gonzales de Vallejo, L., Ferrer Gijón, M., Ortuño Abad, L., y Oteo Mazo, C., (2022). *Ingeniería Geológica*. Isabela Capella.

Gray, D., & Sotir, R. (1996). *Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization*. Londres: John Wiley.

Hernández Sampieri, R. & Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta Ed.). México: McGraw-Hill / Interamericana Editores.

INDECI (2011). *Mapa de Peligros, Plan de Usos del Suelo Ante Desastres y Medidas de Mitigación de la Ciudad de Huánuco*. Perú: Programa de Las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2005). *Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. Mexico: Limusa.

- Mas Gusukuma, J. C. y Morales Alfaro, C. S. (2021). *Implementación de modelos para la estabilización de taludes con hierba Vetiver*. Universidad de Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/13418>
- Matías Sánchez, A., 2010. *Ingeniería y morfología del Terreno*. Universidad de Extremadura.
- Mays Arratea, N. C. (2018). *Reducción de la erosión hídrica del suelo, con la utilización de la Vetiveria Zizanoides en la Microcuenca de Tingoragra – Nauyan Rondos, provincia de Huánuco 2017*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional de UDH. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/1434>
- Monteros Sarsosa, I. P., (2012). *Estudio para la estabilización del talud del Km 13 al 15 de la Carretera Calderón – Guayllabamba*. [Tesis de pregrado, Universidad Internacional del Ecuador]. Repositorio Digital UIDE.
- Muñoz Razo, Carlos (2011). *Como elaborar y asesorar una investigación de tesis* (2da Ed.). México: Pearson Educación.
- Pozo Seguil, C. V. (2021). *Propuesta del Sistema Vetiver como Control de Deslizamiento de Suelos en la Parte Alta del A.A.H.H. La Florida en la ciudad de Huánuco – 2019* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional de UDH. <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2886>
- Rabat Blázquez A. (2016). *Aplicabilidad del penetrómetro cónico en la determinación del límite líquido en suelos de baja y media plasticidad. España*. [Trabajo de Maestría, Universidad de Alicante]. Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante. <http://hdl.handle.net/10045/58086>
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2006). CE.020 – E.050. Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG).
- Rufino & Motta (2013). *Resistência ao Cisalhamento de Solos e Taludes Vegetados com Capim Vetiver*. Brasil: Revista Brasileira de Ciência do

Solo.

Rufino Barbosa, M. C. (2012). *Estudo da Aplicação do Vetiver na Melhoria dos Parâmetros de Resistência ao Cisalhamento de Solos em Taludes*. Brasil. [Tesis de doctorado, Universidad Federal de Ouro Preto]. Repositorio de la UFOP. <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/2895>

Sánchez Pillpa, J. N. (2019). *Estabilización de Taludes mediante la Técnica de Bioingeniería con Cultivo de Pastos Vetiver en Zonas Tropicales, año 2019* [Tesis de Pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/9325>

Sangalli, P. (2008). *Bioingeniería o Ingeniería Biológicas. Introducción a la Bioingeniería o Ingeniería Biológica*. España: AEIP Asociación Española de Ingeniería del Paisaje.

Sanhueza Plaza, C. y Rodríguez Cifuentes (2012). *Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales*. Revista de la construcción. 12(1), 17-29. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2013000100003>

Suarez, J. (1998). *Deslizamiento: Análisis Geotécnico. Capítulo 2 – Mecanismos de Falla*. Bucaramanga, Colombia: Editorial de la Universidad Industrial de Santander.

Tardío Cerrillo, G. G. (2016). *New Tools and Routines for Ecotechnological Slope Stability Analysis*. España. [Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio de la Universidad Politécnica de Madrid. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.43723>

Terzaghi, K. & Peck, R. (1948). *Soil Mechanics in Engineering Practice* (1º Edición). New York.

Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics*. New York. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470172766>

Truong, P. & Van, T. & Pinners, E. (2008). *Vetiver System Applications: A Technical Reference Manual* (1ra Ed). Tailandia: Red International Vetiver.

Truong, P., & Hart, B. (2001). *Vetiver System for Wastewater Treatment*. Bangkok, Thailand: Office of the Royal Development Projects Board.

Yoza Pincay, C. J. (2017). *Diseño de Estabilización Biotécnica de Talud con Geomalla y Especie Vegetal en la Quebrada de Ingapirca de la UNESUM* [Proyecto de Titulación, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio de la UNESUM. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/812>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Segovia Espinoza, R. (2024). *Propuesta de estabilización de talud mediante diseño biomecánico con la planta vetiver ante deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra - Huánuco* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (TESIS) Y SU EJECUCIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2171-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 21 de setiembre de 2023

Visto, el Oficio N° 1495-2023-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023"**, presentado por el (la) Bach. **Ricardo SEGOVIA ESPINOZA**.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 498-2023-D-FI-UDH, de fecha 09 de marzo de 2023, perteneciente al Bach. **Ricardo SEGOVIA ESPINOZA** se le designó como ASESOR(A) de Tesis al Mg. Luis Fernando Narro Jara, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 1495-2023-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023"**, presentado por el (la) Bach. **Ricardo SEGOVIA ESPINOZA**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Rissel Machuca Guardia (Secretario) e Ing. Percy Mello Davila Herrera (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: **"PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023"**, presentado por el (la) Bach. **Ricardo SEGOVIA ESPINOZA** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Jhonny Munzón Lopez
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/nto.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DEL NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 498-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 09 de marzo de 2023

Visto, el Oficio N° 347-2023-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 397996-0000001940, del Bach. **Ricardo SEGOVIA ESPINOZA**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 397996-0000001940, presentado por el (la) Bach. **Ricardo SEGOVIA ESPINOZA**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. Luis Fernando Narro Jara, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DESIGNAR, como Asesor de Tesis del Bach. **Ricardo SEGOVIA ESPINOZA**, al Mg. Luis Fernando Narro Jara, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo.- El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. Ethel Jhonny Munzón Lozano
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA R/DL - FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Mat. y Reg.Acad. - Interesado - Archivo.
BLCR/EJM/nte.

ANEXO 3

MATRIZ DE CONSISTENCIA

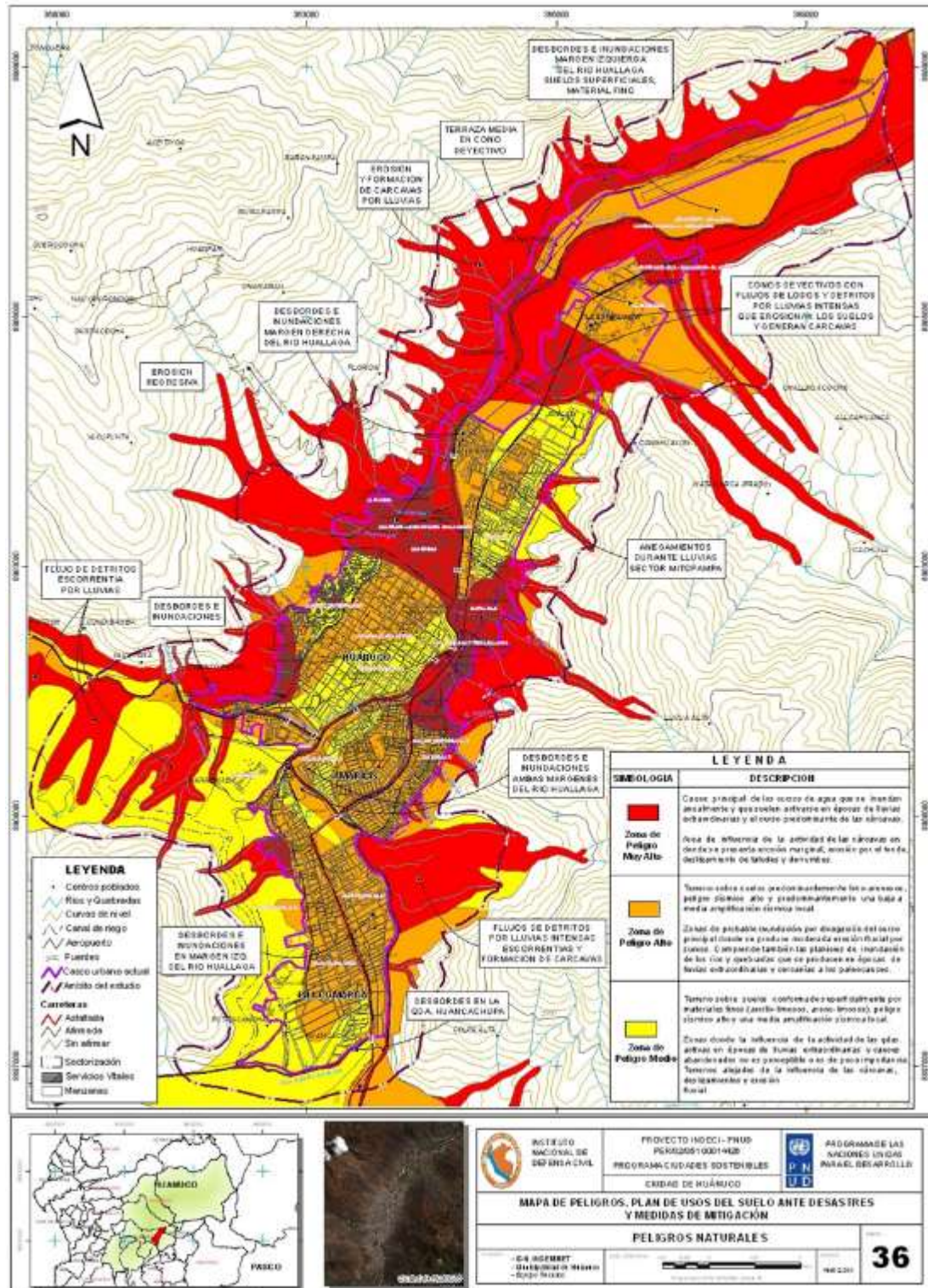
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLÓGICA					
Problema Principal	Objetivo General	Hipótesis General	Independiente	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	Especificaciones	Ámbito: Quebrada Tingoragra	Diseño De Investigación: Diseño Cuasiexperimental
¿Cómo se podría estabilizar taludes mediante la aplicación de la propuesta de diseño biomecánico con la planta Vetiver ante el deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023?	Realizar la propuesta de estabilización del talud mediante la aplicación del diseño biomecánico con planta Vetiver ante el deslizamiento de suelos en la quebrada de Tingoragra – Huánuco 2023	Si se podría estabilizar taludes mediante la aplicación de la propuesta de diseño biomecánico con la planta Vetiver ante el deslizamiento de suelos en la quebrada de Tingoragra – Huánuco 2023	Deslizamiento de suelos.	Parámetros de resistencia	Ensayo de peso específico: Picnómetro, termómetro, Balanza graduada, etc.	kN/m ³	ASTM D854 y NTP 339.131	Población: Área de suelo delimitada de talud propenso al deslizamiento. Muestra: Secciones de suelo en la quebrada de Tingoragra. Nivel: Descriptiva, Explicativo y Correlacional.	EXPERIMENTO • Deslizamiento de suelos (VI) ↓ • Causa FS sin Diseño Bio mecánico y Planta Vetiver • Propuesta de Estabilización (VD) ↓
					Ensayo de corte directo: Máquina de corte directo, balanza graduada, etc.	kN/m ²	ASTM D3080 y NTP 339.171	Tipo: • Función del Propósito: Aplicada. • Nivel De Profundidad: Descriptiva, Explicativo y Correlacional.	• Efecto FS con Diseño Bio mecánico y Planta Vetiver • Causa FS sin Diseño Bio mecánico y Planta Vetiver ↓
				Sección de la pendiente del talud	Levantamiento Topográfico	m	Norma Técnica Peruana	• Naturaleza De Los Datos Y La	• Efecto FS con Diseño Bio

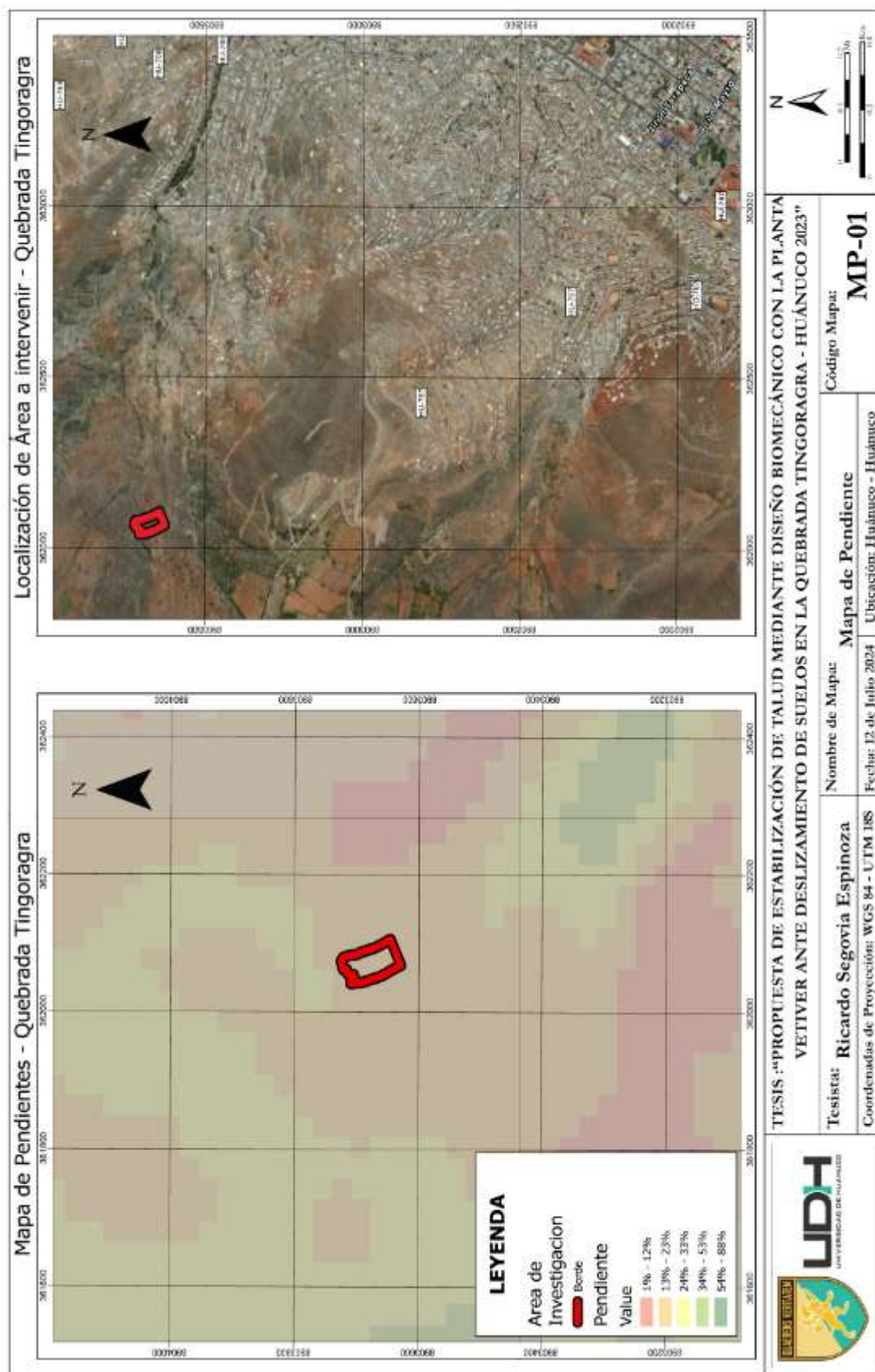
				: Estación total, Gps, etc.		Geodésica 2015		Información: Cuantitativa. • Por Los Medios Para Obtener Datos:		mecánico y Planta Vetiver	
				Análisis de Estabilidad de Taludes: Métodos: Ordinario, Janbu, Spencer.		Adimensional		RNE CE.020		Observación directa, medición de condiciones del suelo, evaluaciones de campo y ensayos de suelo. • Por La Mayor O Menor Manipulación De Variables: Cuasiexperimental. • Según El Tipo De Inferencia: Inferencia Inductiva y Deductiva. • Según El Periodo Temporal En Que Se Realiza: Transversal. • Acuerdo Con El Tiempo En Que Se Efectúen: Sincrónica	
Problema Específicos	Objetivo Específicos	Hipótesis Específicas	Dependiente								
¿Cómo se puede determinar que la planta Vetiver incrementa la estabilización del talud ante deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023?	Determinar que la planta Vetiver incrementa la estabilización de talud ante deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023.	Si se puede determinar con el cálculo del factor de seguridad que la planta vetiver incrementa la estabilización del talud ante deslizamiento de suelos en la quebrada	Propuesta de estabilización de talud.	Parámetros de resistencia	Ensayo de peso específico: Picnómetro, termómetro, Balanza graduada, etc.	kN/m³	ASTM D854 y NTP 339.131			• Deslizamiento de suelos (VI) • Propuesta de estabilización (VD) • Grupos de control (G) • 0i = factores de seguridad sin el diseño biomecánico y las raíces de la planta vetiver. • Xi = propuesta de estabilización mediante el diseño biomecánico y la planta vetiver. • 0i+1= factores de seguridad con el diseño biomecánico y las raíces de la planta vetiver.	

Tingoragra – Huánuco 2023.		Ensayo de corte directo: Máquina de corte directo, balanza graduada, etc.		kN/m²	ASTM D3080 y NTP 339.171	Método. Sistemática, Empírica, y Crítica. Técnicas. Observación, Muestreo de suelos. Instrumentos: Formatos Topográficos, Formato Estudio de Suelos especificaciones (Normas) Plan de Tabulación: Tabulación Simple y Compleja. Análisis de datos estadísticos: Análisis Estadístico Descriptivo.	DISEÑO Grupos = Secciones del deslizamiento • G1 y G2 Pruebas = FS sin Diseño Bio mecánico y Planta Vetiver • O1 y O3 Estimulo =Aplicación del Diseño Bio mecánico y Planta Vetiver O1 y O2 • X1 y X2 Pospruebas = FS con Diseño Bio mecánico y Planta Vetiver • O2 y O4
¿Cómo se puede determinar que el diseño biomecánico ayuda a mejorar la estabilización del talud ante el deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023?	Determinar que el diseño biomecánico ayuda a mejorar la estabilización de talud ante el deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023.	Si se puede determinar que el diseño de trinchos y banquetas del sistema biomecánico ayuda a mejorar la estabilización del talud ante el deslizamiento de suelos en la quebrada Tingoragra – Huánuco 2023.	Levantamiento Topográfico : Estación total, Gps, etc.	m	Norma Técnica Peruana Geodésica 2015		
			Análisis de Estabilidad de Taludes: Métodos: Ordinario, Janbu, Spencer.	Adimensional	RNE CE.020		
			Diseño Biomecánico o: Diseño de trinchos, y banquetas	m3	RNE CE.010.		

ANEXO 4

MAPA DE PELIGROS NATURALES DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO





ANEXO 5

COMPROMISO DE ALQUILER Y CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN EQUIPOS TOPOGRÁFICOS

COMPROMISO DE ALQUILER

El que suscribe el Sr. **PASCUAL JOSE SOLORZANO LEON** identificado con **DNI N°43964488**, se le denomina como el **PROPIETARIO**, se compromete en alquilar una **ESTACION TOTAL, MARCA SOUTH MODELO N6 2" CON NUMERO DE SERIE S127309** y un **GPS MANUAL MARCA GARMIN MODELO GPS MAP62SC**; al **BACH. RICARDO SEGOVIA ESPINOZA**, identificado con **DNI: 73587138** con domicilio en **Av. Tupac Amaru N°854, Amarilis – Huánuco – Huánuco**, con la finalidad de elaborar la **TESIS: "PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023"**

Siendo las siguientes características:

CANT.	EQUIPO	MARCA	SERIE
1	Estación Total	SOUTH – N6 2"	S127309
1	GPS Manual	GARMIN	2968546

Los equipos se encuentran en perfectas condiciones de funcionamiento, con su respectivo mantenimiento y calibración, se entrega el equipo a disposición del **BACH. RICARDO SEGOVIA ESPINOZA** después de la firma de este contrato de alquiler hasta el término de su **TESIS** mencionado.

Huánuco, 10 de junio del 2024

Atentamente;



Pascual Jose Solorzano León

DNI:43964488

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Fecha de Inspección: 2024-05-27
Próxima calibración: 2024-11-27
No. de Certificado: 1972-66555b8eb4c06
Emitido por: Servicio Técnico Autorizado
ICONSEM E.I.R.L.
Av. Universitaria 3908, PULLCO MARCA - SEDE HUANCUCO
Cliente: PASCUAL JOSE SOLORZANO LEON
43964488

Categoría: Estación total
Marca: SOUTH
Modelo: N6 2"
No. de Serie: S127309
Serie Geonet: GEO66555aba6727b

Precisión Angular: $\pm 2''$
Lectura mínima: $1.0''$
Precisión de distancia: Prisma 2 mm + 2 ppm Sin Prisma: 3 mm + 2 ppm
Precisión con laser: 1000 m
Alcance a diana reflectante (60 mm x 60 mm): 1000 m
Alcance: 5 km m.c/D1 prisma - No prisma: 1.0 km
Lectura mínima: 1mm



Para controlar y calibrar este instrumento se contrasta con un colimador original GEO-ALLEN/ OEM con telescopio de 20x en cuyo retículo enfocado al infinito, el grosor de sus trazos está dentro de $1''$ que es patronado periódicamente por una Estación total LEICA modelo TS06 precisión al 1 SEG con el método de lectura Directa-Inversa y referendado con un colimador original Leica de modelo DNA.

El procedimiento de calibración para las medidas longitudinales se sujeta al uso del patrón del dispositivo DISTO D1 con Número de Serie 2072801619 cuyo certificado de calibración fue otorgado a nuestra empresa por la entidad INACAL con 26 de Febrero del 2024 y con número de documento LGD - 012 - 2024.

TEMPERATURA DE LABORATORIO HUMEDAD RELATIVA LABORATORIO PRES. ATM

17°C

15%

714mmHg

MEDICIONES DE PATRON	MEDICIONES ANGULARES	DIF
ANG. HZ: $00^{\circ}00'00''$ / $180^{\circ}00'00''$	$00^{\circ}00'00''$ / $180^{\circ}00'00''$	00"
ANG. V: $90^{\circ}00'00''$ / $270^{\circ}00'00''$	$90^{\circ}00'00''$ / $270^{\circ}00'00''$	00"
INCERTIDUMBRE : ANGULARES $\pm 02''$ Distancias $\pm 02mm$		


Ing. Percy Chuquiyauri Campos
Jefe Dpto. Técnico


Ing. Junior Valles Morales
Responsable Técnico



Certificado Electrónico de Calibración

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Fecha de Inspección: 2024-05-27
Próxima calibración: 2024-11-27
No. de Certificado: 1971-6655596a37534
Emitido por: Servicio Técnico Autorizado
ICONSEM E.I.R.L.
Av. Universitaria 3908, PULLCO MARCA - SEDE HUANUCO
Cliente: PASCUAL JOSE SOLORZANO LEON
43964488

Categoría: Nivel Automático
Marca: LEICA
Modelo: NA332
No. de Serie: 749325424651
Serie Geonet: GEO665559d53d349

Precisión: ± 1.5 mm
Apertura del objetivo: 36 mm
Campo Visual: 2.1 m
Telescopio: Directa



Para controlar y calibrar este instrumento se contrasta con un colimador original GEO-ALLEN/ OEM con telescopio de 20x en cuyo retículo enfocado al infinito, el grosor de sus trazos está dentro de 1" que es patronado periódicamente por una Estación total LEICA modelo TS06 precisión al 1 SEG con el método de lectura Directa-Inversa y referendado con un colimador original Leica de modelo DNA.

El procedimiento de calibración para las medidas longitudinales se sujeta al uso del patrón del dispositivo DISTO D1 con Número de Serie 2072801619 cuyo certificado de calibración fue otorgado a nuestra empresa por la entidad INACAL con 26 de Febrero del 2024 y con número de documento LGD - 012 - 2024.

TEMPERATURA DE LABORATORIO HUMEDAD RELATIVA LABORATORIO PRES. ATM

17°C

15%

714mmHg

Distancia Lectura de Instrumento Patrón	Distancia Instrumento contrastado	Diferencia
Retículos enfocados al infinito:	± 1.4 de grosor de trazo (aprox. 0.4")	± 1.4 de grosor de trazo (0.4")
Porcentaje de Error: ± 0.001 %	± 1.5 del grosor de trazo del retículo enfocado al infinito	


Ing. Percy Chuquiyauri Campos
Jefe Dpto. Técnico


Ing. Junior Valles Morales
Responsable Técnico



Certificado Electrónico de Calibración

ANEXO 6

CONSTANCIA DE USO DE LABORATORIO DE SUELOS LABORTEC Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE SUELOS



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Huánuco, 22 de julio del 2024

LABORTEC
EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORIA DE OBRAS CIVILES,
CERTIFICACION Y ENSAYOS DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

HACE CONSTAR:

Que el tesista **RICARDO SEGOVIA ESPINOZA**, identificado con **DNI N° 73587138**, por referencia, de la EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORIA DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACION Y ENSAYOS DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, LABORTEC, da conformidad a sus ensayos para fines de optar el título profesional de ingeniero civil, realizados en el laboratorio de la empresa LABORTEC, los mismos que se detalla a continuación:

- Análisis granulométrico
- Contenido de humedad
- Plasticidad
- Clasificación sucs
- Peso específico
- Corte directo

Adjunto los formatos de los ensayos realizados.

Atte:



Ing. Elío A. Sotovalca Cabrera
CIP N° 906022

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000/962634923
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este informe
puede ser verificado mediante el código QR

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 044 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

Página 1 de 4

Orden de trabajo	OT 0050-23	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
Solicitante	LABORTEC E.I.R.L.	
Dirección	Jr. Tarma Nro. 101, Huánuco - Huánuco - HUÁNUCO	
Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Capacidad Máxima	15 000 g	
División de escala (d)	0,5 g	
Div. de verificación (e)	5 g	
Clase de exactitud	III	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Marca	OHAUS	
Modelo	R31P15	
Número de Serie	8335450052	
Capacidad mínima	10 g	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Procedencia	U.S.A	
Identificación	NO INDICA	
Ubicación	LABORATORIO DE LABORTEC E.I.R.L.	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Fecha de Calibración	2023-02-23	
Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2023-02-28		



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Telf: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LFP - 041 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

1. Orden de trabajo	OT 0050-23	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORTEC E.I.R.L.	
3. Dirección	Jr. Tarma Nro. 101, Huánuco - Huánuco - HUÁNUCO	
4. Equipo	CORTE DIRECTO	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Capacidad	2000 N	
Marca	AYA INSTRUMENTS	
Modelo	STZJY-6	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Número de Serie	131202	
Ubicación	LABORATORIO DE LABORTEC E.I.R.L.	
Procedencia	CHINA	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Identificación	L-500.62	
Indicador	DIGITAL	
Marca	AYA INSTRUMENTS	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Modelo	STZJY-6	
Número de Serie	131202	
División de Escala / Resolución	1 N	
5. Fecha de Calibración	2023-02-23	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2023-02-28



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Telf: (511) 540-0642

Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com

metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com

ANEXO 7

CERTIFICADO DE ADQUISICIÓN DE LAS RAÍCES DE LA PLANTA VETIVER

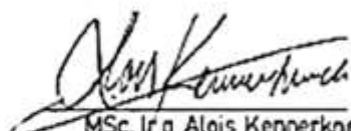


EMPRESA DE IMPLEMENTOS
PARA EL DESARROLLO RURAL
Y LA ECOLOGÍA URBANA,
SERVICIOS Y ASesoría TÉCNICA

Certificado de Adquisición

Certifico en representación de La Empresa ALKE E.I.R.L. Se ha vendido el día 12 de Junio 2024, un corte de raíces (30cm Longitud) de una planta Vetiver (Chrysopogon Zizanioides) de crecido 46 meses aproximados en un terreno arenoso de la Zona sur de Lima, al Sr. Ricardo Segovia Espinoza El Vetiver - Chrysopogon es promovida en mas de 100 países entre ellos Perú.

Lima 12 de Junio 2024



MSc. Ing. Alois Kennerknecht
CE 000393480

"Somos parte del Medio Ambiente. Cuidémoslo"

Apartado 33 - 02 Surco - Hguarata Lima 33 - Santiago de Surco - Calle Pisco 8272. Telf 449-3258 Tcefax (01) 449-1619
e-mail: ecoalke@compulextos.com.pe

ANEXO 8

ENSAYOS MECÁNICOS DE SUELOS



LABORTEC

LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ENSAYO DE GRANULOMETRÍA CALICATA C-01

 LABORTEC Laboratorio de Análisis de Suelos, Rocas y Aguas	CLASIFICACIÓN DE SUELOS Análisis Granulométrico NTP 339.128 / Límite Líquido Límite Plástico NTP 339.129 / Clasificación SUCS NTP 339.134	Código: 4 Versión: 02 Fecha: 2019-03-14
N° de Servicio: Fecha de Recepción: JULIO DEL 2024		
Cliente: CLIENTE Fecha de Emisión: JULIO DEL 2024		
Solicitante: RICARDO SEGÓVIA ESPINOZA		
Proyecto: PROPUESTA DE		
Ubicación: DISTRITO DE HUÁNUCO, PROVINCIA DE HUÁNUCO Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO		

Sondeo: C-01
Muestra: M-1
Prof. (m): 2.4
Cantera: XXX

CLASIFICACIÓN VISUAL ML

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO			
N° de tara			A
Peso de tara (g)			195
Peso tara + muestra húmeda (g)			3382.3
Peso tara + suelo seco (g)			3025
Peso tara + suelo lavado seco (g)			2745
Cumple con peso mínimo Norma			OK
PESO RETENIDO EN CADA TAMIZ	3 pulg	(g)	0
	2"	(g)	0
	1 1/2"	(g)	26
	1"	(g)	159
	3/4"	(g)	295
	3/8"	(g)	555
	N° 4	(g)	305
	N° 10	(g)	188
	N° 20	(g)	305
	N° 40	(g)	205
	N° 60	(g)	185
	N° 140	(g)	86
	N° 200	(g)	138
	FONDO	(g)	115
Error Max 0,5% =	0.07	%	OK

Anota los datos que se aprecia en la muestra de ensayo:

Forma del suelo grueso	Sub-angular
Porcentaje retenido en la 3 pulg	0
Método de ensayo Límite Líquido	Multipunto
Preparación de la muestra (húmeda o seca)	Húmeda
Tipo de ramurador utilizado en Límite Líquido	Plástico - Plano
Equipo utilizado para rolado en Límite Plástico	Manual
Contenido de humedad	12.63



Marque con una X si es Orgánica o Turba, (Si es Turba no realice Granulometría ni Límites)

Muestra orgánica (X) :	Turba (X) :
------------------------	-------------

Notas Generales para el ensayo de Análisis Granulométrico:

- Verificar los pesos de las muestras antes de realizar los ensayos.
- Si los pesos no cumplen con lo indicado en la Norma se requiere aprobación del cliente.

Notas para el ensayo de Límite Líquido

- La cantidad mínima para los ensayo de consistencia es de 200g (base por el tamiz N°40).
- En el LL, el número de golpes debe de estar entre 25 y 35 para el método "A" y entre 20 y 30 para el método "B" al momento de dejar asumiendo, peso mínimo por muestra 10g.

Notas para el ensayo de Límite Plástico

- Selección de 1.5 g a 2.0 g, de muestra, se deberá repetir hasta completar 6 g mínimo para un ensayo.
- Se utilizarán recipientes con tapa y se realizará dos ensayos de manera individual.

LÍMITE LÍQUIDO			
N° de tara	2	3	8
N° de golpes	15	26	34
Peso tara (g)	8	8	8
Peso tara + muestra húmeda (g)	28.3	27.8	27
Peso tara + muestra seca (g)	22.4	22.3	22
Peso de agua (g)	5.9	5.5	5
Peso de suelo seco (g)	14.4	14.3	14
Contenido de humedad (%)	40.97	38.46	35.71
Peso muestra > 10g	OK	OK	OK

Límite Plástico			
N° de tara	8	9	
Peso tara	8	8	
Peso tara + muestra húmeda	25.8	23.8	
Peso tara + muestra seca	22.5	20.8	
Peso de agua	3.3	3	
Peso de suelo seco	14.5	12.8	
Contenido de humedad	22.76	23.44	
Peso muestra > 6g	OK	OK	
Desviación Estándar < 0.8		OK	

Clasificación según ensayo GC

Anotar características, o anomalías encontradas en la muestra, o presentadas durante el ensayo:

Clasificación AASHTO: A-2-4 Índice de Grupo: 0 Descripción AASHTO: REGULAR

Observaciones: _____

AV. XXX N° 1000 - CHILCA - HUANCAYO, JUNIN

 LABORTEC LABORATORIO TECNOLÓGICO DE SUELOS, GEOTECNIA Y AGUA	CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC EIRL Análisis Granulométrico NTP 339.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (2014) / Clasificación SUCS NTP 339.134 (2014) / Clasificación AASHTO NTP 339.135 (2014)	
	N° de Servicio: 0	

SOLICITANTE: RICARDO SEGROVIA ESPINOZA	
PROYECTO: PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023	
UBICACIÓN: DISTRITO DE HUÁNUCO, PROVINCIA DE HUÁNUCO Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO	

Sondeo: C-01 Muestra: M-1 Profundidad: 1.50 m,	Tipo de Material: Grava arcillosa con arena Condición de la muestra: HUMEDA Código de Informe y ensayo: FECHA: JULIO DEL 2024
---	--

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA	TAMICES	
	Designación ASTM	Abertura (mm)
	3 pulg	75.000
	2 pulg	50.000
	1 1/2 pulg	37.500
	1 pulg	25.000
	3/4 pulg	19.000
	3/8 pulg	9.500
	No. 4	4.750
	No. 10	2.000
	No. 20	0.850
	No. 40	0.425
	No. 60	0.250
	No. 100	0.150
	No. 200	0.075

Distribución Granulométrica		
% Grava	Grava Gruesa	16.9 %
	Grava Fina	30.8 %
	AG%	5.9 %
% Arena	AM%	18.0 %
	AP%	14.5 %
	% Finos	13.9 %
	Tamaño Máximo de la Grava (pulg)	2
	Forma del suelo grueso	Sub-angular
	Porcentaje retenido en la 3 pulg	0
	Método de lavado (Método No. 200 Según NTP 400.018 (2018))	A
	Coefficiente de Curvatura	---
	Coefficiente de Uniformidad	---

RESULTADOS DEL ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido:	38
Límite Plástico:	23
Índice Plástico:	15



Método de ensayo	Multipunto
Preparación de la muestra	Húmeda
Porcentaje retenido aproximado en tamiz No. 40	71.6
Ranurador utilizado en el Límite Líquido	Plano
Equipo de Rolado en el Límite Plástico	Manual

Clasificación (S.U.C.S.)	
GC	Grava arcillosa con arena
Clasificación (AASHTO)	
A-2-6	Índice de Grupo: 0
Descripción (AASHTO):	REGULAR



Observaciones

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.

Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe de ensayo sin la autorización escrita de Labortec EIRL.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la empresa.

Si el informe de ensayo es un documento "oficial de interés público", su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.

Tipo de Preparación para ensayo Clasificación: Via Húmeda





GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

(NORMA AASHTO T-84, T-85)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
OBRA	PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO : BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023
CANtera	: RICARDO SEGOVIA ESPINOZA
FECHA	: JULIO DEL 2024

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	:
MUESTRA	: C-01
PROF. (m)	:

AGREGADO FINO			
A	Peso muestra seca al horno (gr)	100.91	
B	Peso frasco lleno con agua (gr)	369.95	
C	Peso frasco con muestra y agua (gr)	429.02	
D	Peso material saturado superficie seca (gr)	101.5	
E	Vol. De solidos + Vol. De vacios (B+D-C)	42.43	PROMEDIO
F	Vol. de solidos (B+A-C)	41.84	
	Pe bulk (Base seca) = A/E	2.378	2.378
	Pe bulk (Base saturada) = D/E	2.392	2.392
	Pe Aparente) = A/F	2.412	2.412
	% de absorción = ((D-A) /A * 100)	0.6	0.585

Observaciones:





LABORTEC
LABORATORIO TECNICO PROMOTOR
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO : PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023

SOLICITADO : RICARDO SEGOVIA ESPINOZA

UBICACIÓN : DISTRITO DE HUÁNUCO, PROVINCIA DE HUÁNUCO Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO

FECHA : JULIO DEL 2024

MUESTRA : C-01

1. contenido de humedad muestra integral

	DESCRIPCION	C-01	
1	PRUEBA N°	1	
2	PESO CAPSULA Y MUESTRA HUMEDA	3382.3	
3	PESO CAPSULA Y MUESTRA SECA	3025	
4	PESO CAPSULA N	195	
5	PESO AGUA (2) - (3)	357.30	
6	PESO SUELO SECO (3) - (4)	2830.00	
7	HUMEDO % (5)/(6) X 100	12.63	
	HUMEDAD PROMEDIO	12.63	

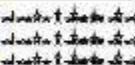


Dirección: Jr. Tarma Nº 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eir@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este certificado
puede ser verificado mediante el código QR

 LABORTEC LABORATORIO TECNICO ESPECIALIZADO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC EIRL Análisis Granulométrico NTP 339.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (2014) / Clasificación SUCS NTP 339.134 (2014) /	
---	---	--

REGISTRO DE SONDAJE

PROYECTO	: PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023
UBICACIÓN	: DISTRITO DE HUÁNUCO, PROVINCIA DE HUÁNUCO Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO
SOLICITANTE	: RICARDO SEGOVIA, ESPINOZA
CALICATA N°	: C-01
PROF. (m)	: 1.50 m.
NIVEL FREÁTICO	: No se halló
TÉCNICO	: LABORTEC E.I.R.L
FECHA	: JULIO DEL 2024

PROF. (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	SUCS	SIMBOLOGÍA
0.00	M-0	Material disturbado o suelo organico	-	
0.08				
0.15				
0.23				
0.30				
0.38				
0.45				
0.53				
0.60				
0.68	M-1	Grava arcillosa con arena	GC	
0.75				
0.83				
0.90				
0.98				
1.05				
1.13				
1.20				
1.28				
1.35				
1.43				
1.50				


LABORTEC
LABORATORIO TECNICO ESPECIALIZADO
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO CALICATA C-01

 LABORTEC LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO	NTP 339.171:2002 (revisada el 2017) Título: SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas V-1	
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO	

PROYECTO :	PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023		
SOLICITADO :	RICARDO SEGOVIA ESPINOZA		
UBICACIÓN :	DISTRITO DE HUÁNUCO, PROVINCIA DE HUÁNUCO Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO	EJECUTADO :	LABORTEC E.I.R.L.
ESPECIALISTA:	ELIO AUGUSTO SAAVEDRA CABRERA	FECHA :	JULIO DEL 2024
MUESTRA :	C - 01	PROF (m) :	0.00 - 1.50 M
CONTENIDO DE HUMEDAD :		CARACTERÍSTICAS :	
N° DE RECIPIENTE	(Anillo)	DIÁMETRO (cm.)	6.00
PESO DEL ANILLO+SUELO HÚMEDO (gr.)	138.00	ÁREA (cm2.)	28.27
PESO DEL ANILLO+SUELO SECO (gr.)	129.25	VOLUMEN (cm3.)	53.71
PESO DEL AGUA (gr.)	8.75	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm3)	1.452
PESO DEL ANILLO (gr.)	60.00	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.290
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	69.25	CLASIFICACIÓN SUCS	GC
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	12.6	FACTOR ANILLO	9.81 + 0.000

ESFUERZO NORMAL : **0,5** Kg/cm2

TIEMPO (min.)	EXTENSÓMETRO DE CARGA	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DEFORMACIÓN NORMAL	FUERZA (Kg)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm2)
0.0	-	0.00		-	0.000
0.5	73.0	1.00		7.444	0.263
1.0	75.0	2.00		7.648	0.271
1.5	87.0	3.00		8.872	0.314
2.0	90.0	4.00		9.177	0.325
2.5	92.0	5.00		9.381	0.332
3.0	93.0	6.00		9.483	0.335
3.5	99.0	7.00		10.095	0.357
4.0	102.0	8.00		10.401	0.368
4.5	104.0	9.00		10.605	0.375
5.0	103.0	10.00		10.503	0.372
5.5	101.0	11.00		10.299	0.364
6.0	99.0	12.00		10.095	0.357
6.5	98.0	13.00		9.993	0.353



 Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
 047 40000049



NTP 339.171:2002 (revisada el 2017)
Título: SUELOS. Método de ensayo normalizado
para el corte directo de suelos
bajo condiciones consolidadas drenadas V-1



PROYECTO :	PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023		
SOLICITADO :	RICARDO SEGOVIA ESPINOZA		
UBICACIÓN :	DISTRITO DE HUÁNUCO, PROVINCIA DE HUÁNUCO Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO		
ESPECIALISTA:	ELIO AUGUSTO SAAVEDRA CABRERA		
MUESTRA :	C - 01	EJECUTADO :	LABORTEC E.I.R.L.
		FECHA	JULIO DEL 2024
		PROF (m)	0.00 - 1.50 M

CONTENIDO DE HUMEDAD :		CARACTERÍSTICAS :	
Nº DE RECIPIENTE	(Anillo)	DIÁMETRO (cm.)	6.00
PESO DEL ANILLO+SUELO HÚMEDO (gr.)	141.00	ÁREA (cm ²)	28.27
PESO DEL ANILLO+SUELO SECO (gr.)	131.92	VOLUMEN (cm ³ .)	53.71
PESO DEL AGUA (gr.)	9.08	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.508
PESO DEL ANILLO (gr.)	60.00	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.339
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	71.92	CLASIFICACIÓN SUCS	
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	12.6	FACTOR ANILLO	9.81 + 0.00%

ESFUERZO NORMAL : 1,0 Kg/cm2

TIEMPO (min.)	EXTENSÓMETRO DE CARGA	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DEFORMACIÓN NORMAL	FUERZA (Kg)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm3)
0.0	-	0.00		-	0.000
0.5	98.0	1.00		9.993	0.353
1.0	119.0	2.00		12.135	0.429
1.5	140.0	3.00		14.276	0.505
2.0	159.0	4.00		16.213	0.574
2.5	168.0	5.00		17.131	0.606
3.0	180.0	6.00		18.355	0.649
3.5	184.0	7.00		18.763	0.664
4.0	182.0	8.00		18.559	0.656
4.5	184.0	9.00		18.763	0.664
5.0	185.0	10.00		18.865	0.667
5.5	181.0	11.00		18.457	0.653
6.0	179.0	12.00		18.253	0.646
6.5	175.0	13.00		17.845	0.631





NTP 339.171:2002 (revisada el 2017)
Título: SUELOS. Método de ensayo normalizado
para el corte directo de suelos
bajo condiciones consolidadas drenadas V-1



PROYECTO	PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023		
SOLICITADO	RICARDO SEGOVIA ESPINOZA		
UBICACIÓN	DISTRITO DE HUÁNUCO, PROVINCIA DE HUÁNUCO Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO		
ESPECIALISTA	ELIO AUGUSTO SAAVEDRA CABRERA		
MUESTRA	C - 01	EJECUTADO	LABORTEC E.I.R.L.
		FECHA	JULIO DEL 2024
		PROF (m)	0.00 – 1.50 M

CONTENIDO DE HUMEDAD :		CARACTERÍSTICAS :	
Nº DE RECIPIENTE	(Anillo)	DIÁMETRO (cm.)	6.00
PESO DEL ANILLO+SUELO HÚMEDO (gr.)	140.00	ÁREA (cm2.)	28.27
PESO DEL ANILLO+SUELO SECO (gr.)	131.03	VOLUMEN (cm3.)	53.71
PESO DEL AGUA (gr.)	8.97	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm3)	1.489
PESO DEL ANILLO (gr.)	60.00	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.323
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	71.03	CLASIFICACIÓN SUCS	GC
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	12.6	FACTOR ANILLO	9.81 + 0.000

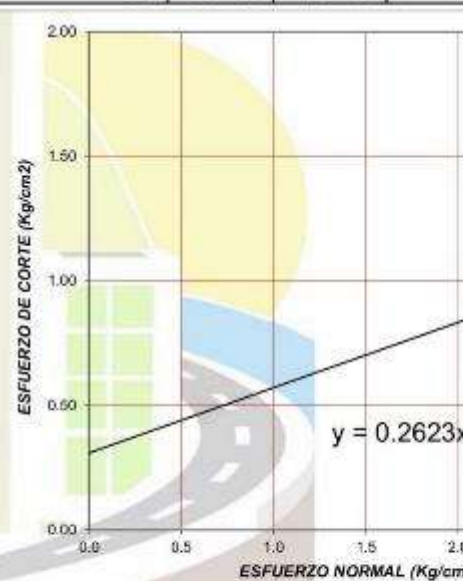
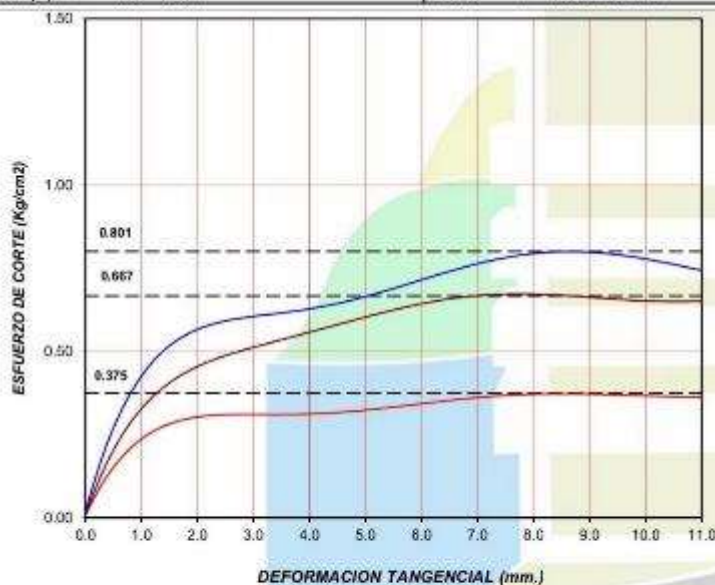
TIEMPO (min.)	EXTENSOMETRO DE CARGA	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DEFORMACION NORMAL	FUERZA (Kg)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm3)
0.0	-	0.00		-	0.000
0.5	134.0	1.00		13.664	0.483
1.0	143.0	2.00		14.582	0.516
1.5	160.0	3.00		16.315	0.577
2.0	183.0	4.00		18.661	0.660
2.5	192.0	5.00		19.579	0.693
3.0	198.0	6.00		20.190	0.714
3.5	206.0	7.00		21.006	0.743
4.0	216.0	8.00		22.026	0.779
4.5	221.0	9.00		22.536	0.797
5.0	222.0	10.00		22.638	0.801
5.5	206.0	11.00		21.006	0.743
6.0	196.0	12.00		19.986	0.707
6.5	186.0	13.00		18.967	0.671
7.0	176.0	14.00		17.947	0.635



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

PROYECTO :	PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023
UBICACIÓN :	DISTRITO DE HUÁNUCO, PROVINCIA DE HUÁNUCO Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO
SOLICITADO :	RICARDO SEGOVIA ESPINOZA
MUESTRA :	C - 01
PROF (m) :	0.00 - 1.50 M
EJECUTADO :	LABORTEC E.I.R.L.
FECHA :	JULIO DEL 2024

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES				
MUESTRA N°	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	CONT. HUM. (%)	DENS. SE (gr/cm ³)
01	6.0	28.27	12.6	1.290
02	6.0	28.27	12.6	1.339
03	6.0	28.27	12.6	1.323
CLASIF. SUCS :	SC	LL : 38	IP : 15	% MENOR



RESULTADOS DE ENSAYOS			
COHESIÓN (Kg/cm ²)	0.31	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	14.7



LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ENSAYO DE GRANULOMETRÍA CALICATA C-01 – CON ADICIÓN DE RAICES

 LABORTEC LABORATORIO TECNICO DE SUELOS, GEOTECNIA Y AGUAS	CLASIFICACIÓN DE SUELOS Análisis Granulométrico NTP 338.128 / Límite Líquido Límite Plástico NTP 338.129 / Clasificación SUCS NTP 339.134		Código: 0 Versión: 02 Fecha: 2019-03-14
	N° de Servicio: _____ Fecha de Recepción: JULIO DEL 2024 Cliente: CLIENTE Fecha de Emisión: JULIO DEL 2024 Solicitante: RICARDO SEGOVIA ESPINOZA Proyecto: PROPUESTA DE Ubicación: DISTRITO DE HUÁNUCO, PROVINCIA DE HUÁNUCO Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO		
	Sondeo: C-01 - MÁS RAÍCES Muestra: M-1 Prof. (m): 2.M Cantera: XXX		

CLASIFICACIÓN VISUAL		ML
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		
N° de tara		A
Peso de tara (g)		202
Peso tara + muestra húmeda (g)		3584
Peso tara + suelo seco (g)		3147.2
Peso tara + suelo lavado seco (g)		2758
Cumple con peso mínimo Norma		Ok
PESO RETENIDO EN CADA TAMIZ	3 pulg	(g) 0
	2"	(g) 0
	1 1/2"	(g) 58
	1"	(g) 185
	3/4"	(g) 325
	3/8"	(g) 425
	N° 4	(g) 386
	N° 10	(g) 349
	N° 20	(g) 185
	N° 40	(g) 175
	N° 60	(g) 175
	N° 140	(g) 95
	N° 200	(g) 102
	FONDO	(g) 95.4
Error Max 0,5% =	0.02	% Ok

Anota los datos que se aprecia en la muestra de ensayo:

Forma del suelo grueso	Sub-angular
Porcentaje retenido en la 3 pulg	0
Método de ensayo Límite Líquido	Multipunto
Preparación de la muestra (húmeda o seca)	Húmeda
Tipo de ramificador utilizado en Límite Líquido	Plástico - Plano
Equipo utilizado para elodo en Límite Plástico	Manual
Contenido de humedad	14.83

Marque con una X, si es Orgánica o Turba, (Si es Turba no realiza Granulometría ni Límites)

Muestra orgánica (X):	Turba (X):
-----------------------	------------

Notas Generales para el ensayo de Análisis Granulométrico:

- 1.- Verificar los pesos de las muestras antes de realizar los ensayos.
- 2.- Si los pesos no cumplen con lo indicado en la Norma se requiere aprobación del cliente.

Notas para el ensayo de Límite Líquido:

- 1.- La cantidad mínima para los ensayo de consistencia es de 200g (peso por el tamiz N°40).
- 2.- En el LL, el número de golpes debe de estar entre 25 y 35 para el método "A" y entre 20 y 30 para el método "B" al momento de dejar asentando, peso mínimo por muestra 10g.

Notas para el ensayo de Límite Plástico:

- 1.- Seleccionar de 1.5 g a 2.0 g, de muestra, se deberá repetir hasta completar 6 g mínimo para un ensayo.
- 2.- Se utilizarán recipientes con tapa y se realizará dos ensayos de manera individual.

LÍMITE LÍQUIDO			
N° de tara	2	3	8
N° de golpes	18	25	35
Peso tara (g)	7	7	7
Peso tara + muestra húmeda (g)	30.5	28.9	29.6
Peso tara + muestra seca (g)	23.25	22.45	23.15
Peso de agua (g)	7.25	6.45	6.45
Peso de suelo seco (g)	16.25	15.45	16.15
Contenido de humedad (%)	44.62	41.75	39.94
Peso muestra > 10g	Ok	Ok	Ok

Límite Plástico			
N° de tara	8	9	
Peso tara	8	8	
Peso tara + muestra húmeda	26.7	24.5	
Peso tara + muestra seca	22.95	21.25	
Peso de agua	3.75	3.25	
Peso de suelo seco	14.95	13.25	
Contenido de humedad	25.08	24.53	
Peso muestra > 6g	Ok	Ok	
Desviación Estándar < 0,8		OK	

Clasificación según ensayo GC

Anotar características, o anomalías encontradas en la muestra, o presentadas durante el ensayo:

Clasificación AASHTO: A-2-7 Índice de Grupo: 0 Descripción AASHTO: REGULAR

Observaciones:



 LABORTEC Laboratorio de Análisis de Suelos	CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC EIRL Análisis Granulométrico NTP 339.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (2014) / Clasificación SUCS NTP 339.134 (2014) / Clasificación AASHTO NTP 339.135 (2014)	
	N° de Servicio: 0	

SOLICITANTE:	RICARDO SEGOVIA ESPINOZA
PROYECTO:	PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023
UBICACIÓN:	DISTRITO DE HUÁNUCO, PROVINCIA DE HUÁNUCO Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO

Sondeo:	C-01 - MÁS RAÍCES	Tipo de Material:	Grava arcillosa con arena
Muestra:	M-1	Condición de la muestra:	HUMEDA
Profundidad:	1.50 m.	Código de Informe y ensayo:	
FECHA: JULIO DEL 2024			

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA	TAMICES	
	Denominación ASTM	Abertura [mm]
	3 pulg	75.000
	2 pulg	50.000
	1 1/2 pulg	37.500
	1 pulg	25.000
	3/4 pulg	19.000
	3/8 pulg	9.500
	No. 4	4.750
	No. 10	2.000
	No. 20	0.850
	No. 40	0.425
	No. 60	0.250
	No. 140	0.106
	No. 200	0.075

Distribución Granulométrica		
% Grava	Grava Gruesa	19.3 %
	Grava Fina	27.5 %
	AG%	11.9 %
% Arena	AM%	12.2 %
	AF%	12.6 %
% Fina		76.5 %
Tamaño Máximo de la Grava (pulg)		2
Forma del suelo grueso		Sub-angular
Porcentaje retenido en la 3 pulg		0
Método de lavado Malla No. 200 según NTP 400.018 (2018)		A
Coeficiente de Curvatura		---
Coeficiente de Uniformidad		---

RESULTADOS DEL ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA

Límite Líquido:	42
Límite Plástico:	25
Índice Plástico:	17



Método de ensayo	Multipunto
Preparación de la muestra	Húmeda
Porcentaje retenido aproximado en tamiz No. 40	20.9
Ranurador utilizado en el Límite Líquido	Plano
Equipo de Rolado en el Límite Plástico	Manual

Clasificación (S.U.C.S.)	
GC	Grava arcillosa con arena
Clasificación (AASHTO)	
A-2-7	Índice de Grupo: 0
Descripción (AASHTO):	REGULAR



Observaciones

Tipo de Preparación para ensayo Clasificación: Vía Húmeda

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.
 Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe de ensayo sin la autorización escrita de Labortec EIRL.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de correspondencia a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio.
 El informe de ensayo es un documento "oficial de interés público", su adulteración o uso indebido constituye: delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.





GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS (NORMA AASHTO T-84, T-85)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
OBRA	PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023
CANTERA	RICARDO SEGOVIA ESPINOZA
FECHA	JULIO DEL 2024

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	:
MUESTRA	: C-01 - MÁS RAÍCES
PROF. (m)	:

AGREGADO FINO			
A	Peso muestra seca al horno (gr)	102.6	
B	Peso frasco lleno con agua (gr)	372.5	
C	Peso frasco con muestra y agua (gr)	438.9	
D	Peso material saturado superficie seca (gr)	104.2	
E	Vol. De solidos + Vol. De vacíos (B+D-C)	37.8	PROMEDIO
F	Vol. de solidos (B+A-C)	36.2	
	Pe bulk (Base seca) = A/E	2.714	2.714
	Pe bulk (Base saturada) = D/E	2.757	2.757
	Pe Aparente) = A/F	2.834	2.834
	% de absorción = ((D-A) /A * 100)	1.6	1.559

Observaciones:





LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108 / ASTM D-2216)

PROYECTO : PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023

SOLICITADO : RICARDO SEGOVIA ESPINOZA

UBICACIÓN : DISTRITO DE HUÁNUCO, PROVINCIA DE HUÁNUCO Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO

FECHA : JULIO DEL 2024

MUESTRA : C-01 - MÁS RAÍCES

1. contenido de humedad muestra integral

	DESCRIPCION	C-01 - MÁS RAÍCES
1	PRUEBA N°	1
2	PESO CAPSULA Y MUESTRA HUMEDA	3584
3	PESO CAPSULA Y MUESTRA SECA	3147.2
4	PESO CAPSULA N	202
5	PESO AGUA (2) - (3)	436.80
6	PESO SUELO SECO (3) - (4)	2945.20
7	HUMEDO % (5)/(6) X 100	14.83
	HUMEDAD PROMEDIO	14.83

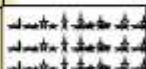


Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco
Celular : 962987000
Fono : 062-287145
E-mail : Labortec_eirl@hotmail.com
Importante: La autenticidad de este certificado
puede ser verificado mediante el código QR

 LABORTEC LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO	CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC EIRL Analisis Granulométrico NTP 339.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (2014) / Clasificación SUCS NTP 339.134 (2014) /	
--	--	--

REGISTRO DE SONDAJE

PROYECTO	: PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE HUÁNUCO, PROVINCIA DE HUÁNUCO Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO		
SOLICITANTE	: RICARDO SEGOVIA ESPINOZA		
CALICATA N°	: C-01 - MÁS RAÍCES	TÉCNICO	: LABORTEC E.I.R.L
PROF. (m)	: 1.50 m.	NIVEL FREÁTICO	: No se halló FECHA : JULIO DEL 2024

PROF. (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	SUCS	SIMBOLOGÍA
0.00	M-0	Material disturbado o suelo organico	-	
0.08				
0.15				
0.23				
0.30				
0.38				
0.45				
0.53				
0.60				
0.68	M-1	Grava arcillosa con arena	GC	
0.75				
0.83				
0.90				
0.98				
1.05				
1.13				
1.20				
1.28				
1.35				
1.43				
1.50				


 Ing. Ricardo Segovia Espinoza
 Director General



LABORTEC

LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA
DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS
DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO CALICATA C-01 MÁS RAÍCES

 LABORTEC LABORATORIO DE ENSAYOS DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO	NTP 339.171:2002 (revisada el 2017) Título: SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas V-1	
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO	

PROYECTO :	PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023		
SOLICITADO :	RICARDO SEGOVIA ESPINOZA		
UBICACIÓN :	DISTRITO DE HUÁNUCO, PROVINCIA DE HUÁNUCO Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO	EJECUTADO :	LABORTEC E.I.R.L.
ESPECIALISTA:	ELIO AUGUSTO SAAVEDRA CABRERA	FECHA :	JULIO DEL 2024
MUESTRA :	C - 01 + ADICIÓN DE RAICES	PROF (m) :	0.00 - 1.50 M
CONTENIDO DE HUMEDAD :		CARACTERÍSTICAS :	
Nº DE RECIPIENTE	(Anillo)	DIÁMETRO (cm.)	6.00
PESO DEL ANILLO+SUELO HÚMEDO (gr.)	165.00	ÁREA (cm2.)	28.27
PESO DEL ANILLO+SUELO SECO (gr.)	151.44	VOLUMEN (cm3.)	53.71
PESO DEL AGUA (gr.)	13.56	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm3)	1.955
PESO DEL ANILLO (gr.)	60.00	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.703
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	91.44	CLASIFICACIÓN SUCS	GC
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	14.8	FACTOR ANILLO	9.81 * 0.000

ESFUERZO NORMAL : **0,5** Kg/cm2

TIEMPO (min.)	EXTENSÓMETRO DE CARGA	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DEFORMACIÓN NORMAL	FUERZA (Kg)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm2)
0.0	-	0.00		-	0.000
0.5	273.0	1.00		27.838	0.985
1.0	275.0	2.00		28.042	0.992
1.5	287.0	3.00		29.266	1.035
2.0	290.0	4.00		29.572	1.046
2.5	292.0	5.00		29.776	1.053
3.0	293.0	6.00		29.878	1.057
3.5	299.0	7.00		30.490	1.079
4.0	302.0	8.00		30.795	1.089
4.5	304.0	9.00		30.999	1.097
5.0	303.0	10.00		30.897	1.093
5.5	301.0	11.00		30.693	1.086
6.0	299.0	12.00		30.490	1.079
6.5	298.0	13.00		30.388	1.075


 Ing. Elio A. Saavedra Cabrera
 067 55108749



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

PROYECTO	PROPUESTA DESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023		
SOLICITADO	RICARDO SEGOVIA ESPINOZA		
UBICACIÓN	DISTRITO DE HUÁNUCO, PROVINCIA DE HUÁNUCO Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO		
ESPECIALISTA:	ELIO AUGUSTO SAAVEDRA CABRERA	EJECUTADO	: LABORTEC E.I.R.L.
MUESTRA	: C - 01 + ADICIÓN DE RAÍCES	FECHA	: JULIO DEL 2024
		PROF (m)	: 0.00 - 1.50 M

CONTENIDO DE HUMEDAD :		CARACTERÍSTICAS :	
Nº DE RECIPIENTE	(Anillo)	DIÁMETRO (cm.)	6.00
PESO DEL ANILLO+SUELO HÚMEDO (gr.)	158.00	ÁREA (cm ² .)	28.27
PESO DEL ANILLO+SUELO SECO (gr.)	145.34	VOLUMEN (cm ³ .)	53.71
PESO DEL AGUA (gr.)	12.66	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.825
PESO DEL ANILLO (gr.)	60.00	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.589
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	85.34	CLASIFICACIÓN SUCS	GC
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	14.8	FACTOR ANILLO	9.81 + 0.000

ESFUERZO NORMAL :	1,0	Kg/cm2
-------------------	-----	--------

[illegible]

Lauritzen
Ing. Ole K. Lauritzen & Co.
Oslo 7, Norway

 LABORTEC LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	NTP 339.171:2002 (revisada el 2017) Título: SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas V-1	
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO	

PROYECTO :	PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023		
SOLICITADO :	RICARDO SEGOVIA ESPINOZA		
UBICACIÓN :	DISTRITO DE HUÁNUCO, PROVINCIA DE HUÁNUCO Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO		
ESPECIALISTA:	ELIO AUGUSTO SAAVEDRA CABRERA	EJECUTADO :	LABORTEC E.I.R.L.
MUESTRA :	C - 01 + ADICIÓN DE RAICES	FECHA :	JULIO DEL 2024
		PROF (m)	0.00 - 1.50 M

CONTENIDO DE HUMEDAD :		CARACTERÍSTICAS :	
Nº DE RECIPIENTE	(Anillo)	DIÁMETRO (cm.)	6.00
PESO DEL ANILLO+SUELO HÚMEDO (gr.)	162.00	ÁREA (cm ²)	28.27
PESO DEL ANILLO+SUELO SECO (gr.)	148.83	VOLUMEN (cm ³)	53.71
PESO DEL AGUA (gr.)	13.17	DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.899
PESO DEL ANILLO (gr.)	60.00	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.654
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	88.83	CLASIFICACIÓN SUCS	GC
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	14.8	FACTOR ANILLO	9.81 + 0.000

ESFUERZO NORMAL : **2,0** Kg/cm²

TIEMPO (min.)	EXTENSÓMETRO DE CARGA	DEFORMACIÓN TANGENCIAL (mm)	DEFORMACIÓN NORMAL	FUERZA (Kg)	ESFUERZO DE CORTE (Kg/cm ³)
0.0	-	0.00		-	0.000
0.5	427.0	1.00		43.542	1.540
1.0	436.0	2.00		44.460	1.573
1.5	453.0	3.00		46.193	1.634
2.0	476.0	4.00		48.538	1.717
2.5	485.0	5.00		49.456	1.749
3.0	491.0	6.00		50.068	1.771
3.5	499.0	7.00		50.884	1.800
4.0	509.0	8.00		51.904	1.836
4.5	514.0	9.00		52.413	1.854
5.0	515.0	10.00		52.515	1.858
5.5	499.0	11.00		50.884	1.800
6.0	489.0	12.00		49.864	1.764
6.5	479.0	13.00		48.844	1.728
7.0	469.0	14.00		47.825	1.692


LABORTEC
Ing. Elio A. Saavedra Cabrera



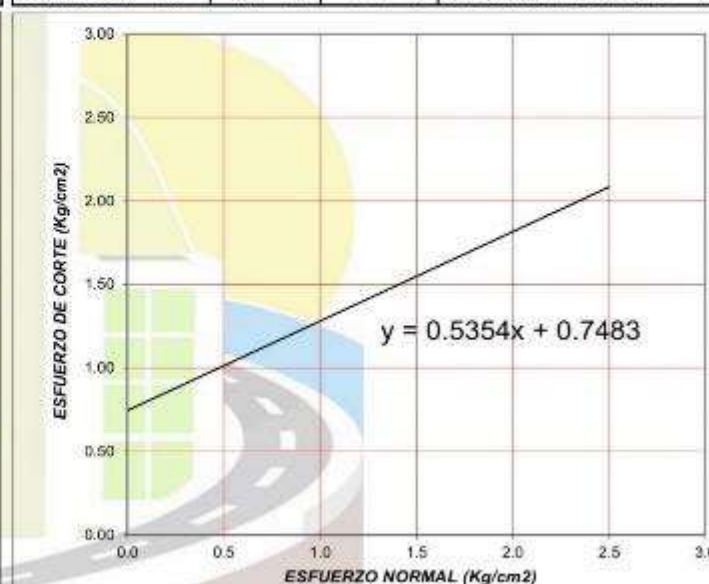
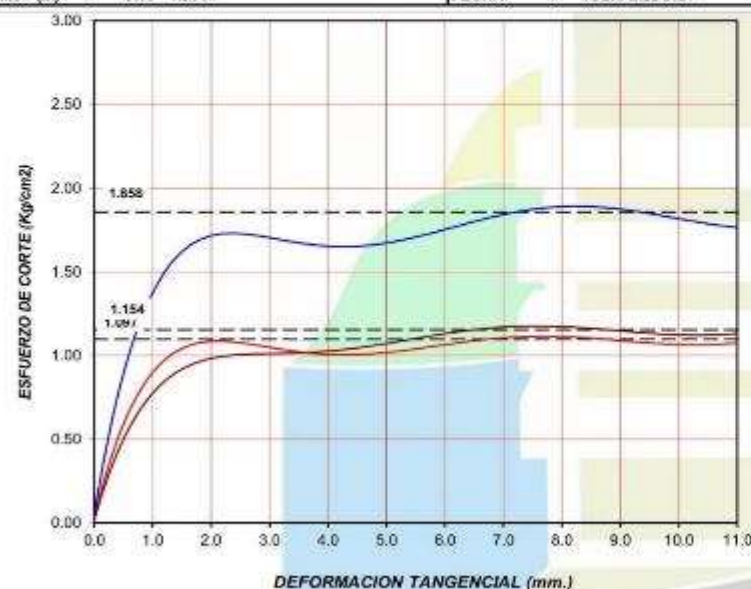
LABORTEC
LABORATORIO TÉCNICO ESPECIALIZADO
DE SUELO, CONCRETO Y ASFALTO

NTP 339.171:2002 (revisada el 2017)
Título: SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos
bajo condiciones consolidadas drenadas (ASTM D-3080) V-1



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

PROYECTO : PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE DISEÑO BIOMECÁNICO CON LA PLANTA VETIVER ANTE DESLIZAMIENTO DE SUELOS EN LA QUEBRADA TINGORAGRA - HUÁNUCO 2023		CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES						
UBICACIÓN :	DISTRITO DE HUÁNUCO, PROVINCIA DE HUÁNUCO Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO		MUESTRA N°	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	CONT. HUM (%)	DENS. SECA (gr/cm3)	ESFUERZO NORMAL (Kg/cm2)
SOLICITADO :	RICARDO SEGOVIA ESPINOZA		01	6.0	28.27	14.8	1.703	0.5
MUESTRA :	C-01 + ADICIÓN DE RAICES		02	6.0	28.27	14.8	1.589	1.0
PROF (m) :	0.00 - 1.50 M		03	6.0	28.27	14.8	1.654	2.0
FECHA :	JULIO DEL 2024		CLASIF. SUCS :	GC	LL :	38	LP :	15
							% MENOR QUE MALLA N° 200 :	18.2



RESULTADOS DE ENSAYOS			
COHESIÓN (Kg/cm²)	0.748	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	28.2



ANEXO 9

PANEL FOTOGRÁFICO



Preparación del terreno para la excavación de la calicata



Excavación y Dimensionamiento de la calicata



Excavación y Perfilado de calicata 01



Conclusión de calicata 01 y muestreo del perfil estratigráfico



Recolección de Muestras de la calicata 01



Deslizamientos en el área de investigación



Muestras 1 y 2 de la Calicata – 01



Raíces de la planta vetiver y separación de muestras para ensayos



Equipo de granulometría por tamizado de las muestras



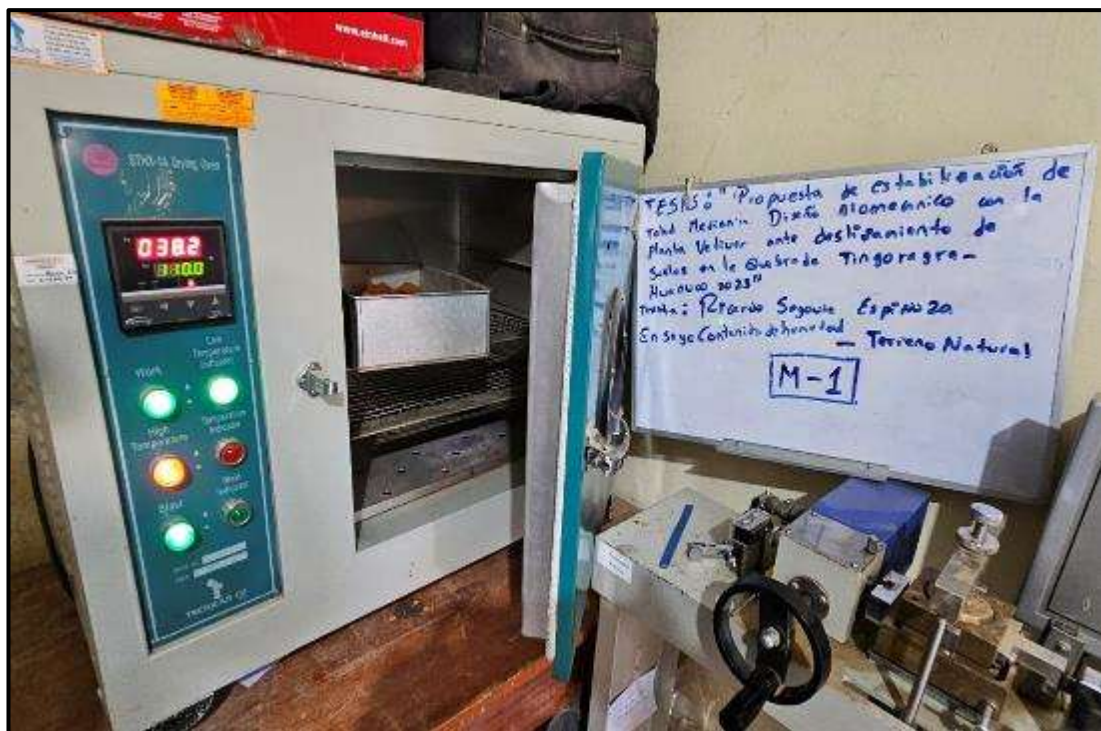
Análisis granulométrico por tamizado de las muestras 1 y 2



Las muestras 1 y 2 entrando al horno para el secado respectivo



Esta muestra en el horno nos ayudará a obtener el contenido de humedad



Método de secado al horno a 110° de temperatura



El equipo de Copa de Casagrande



Ensayo de Límite Líquido de las Muestras



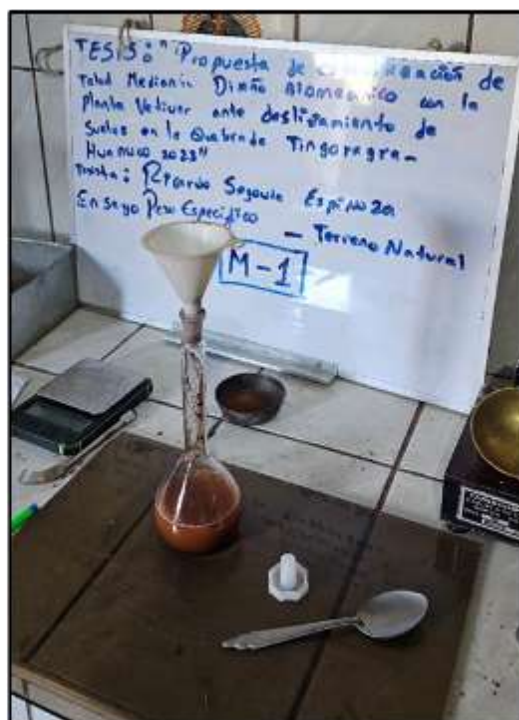
Muestras 1 y 2 estiradas y amasadas de 10 cm



Conclusión del ensayo de Límite Plástico de las Muestras



Picnómetro y las muestras para su respectivo ensayo de peso específico



Se coloca la muestra en el picnómetro y se le añade agua destilada



Inclinación del picnómetro para retirar todo el aire posible de las muestras



Se le añade agua a la muestra sin raíces que pasa de la malla N° 4 para el ensayo de Corte Directo



Se le añade agua a la muestra con raíces que pasa de la malla N° 4 para el ensayo de Corte Directo



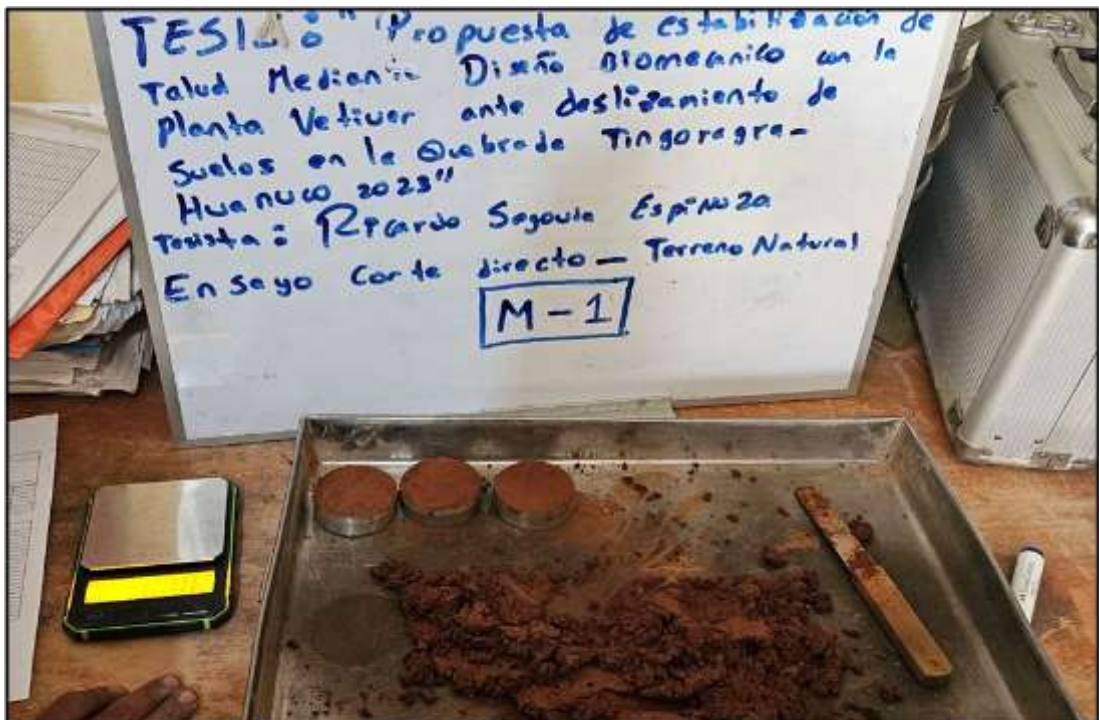
Humedecimiento de las muestras el ensayo de Corte Directo



Se procede al llenado de recipientes con la muestra húmeda para el ensayo de Corte Directo



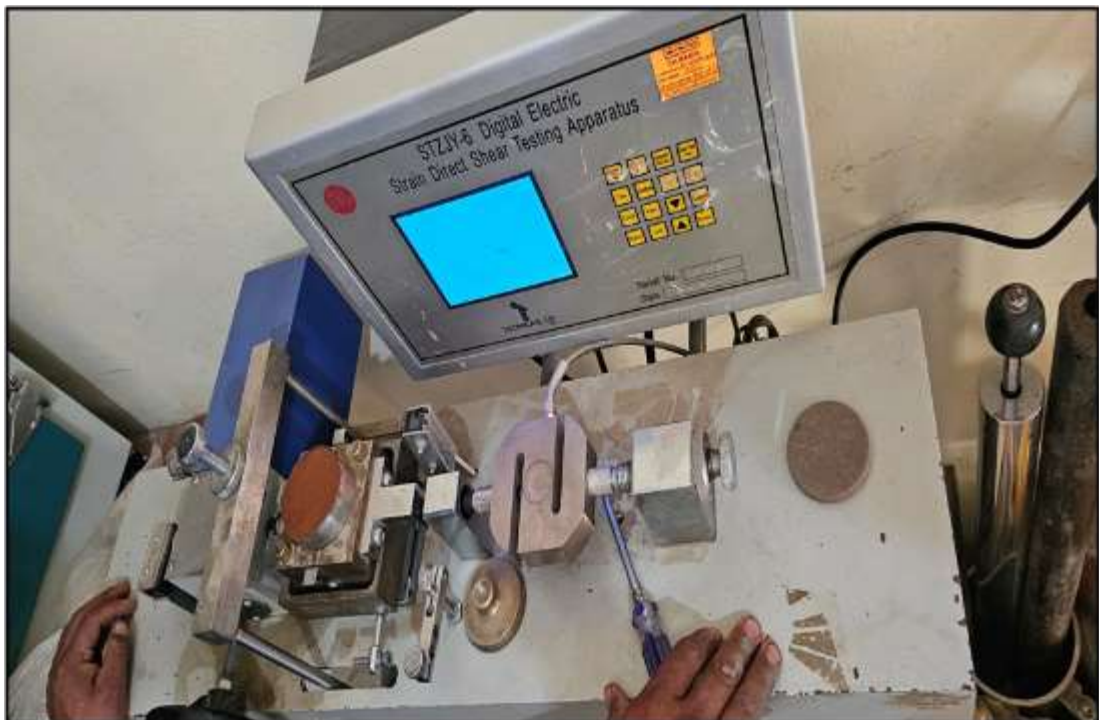
Muestra húmeda con las raíces de la planta vetiver



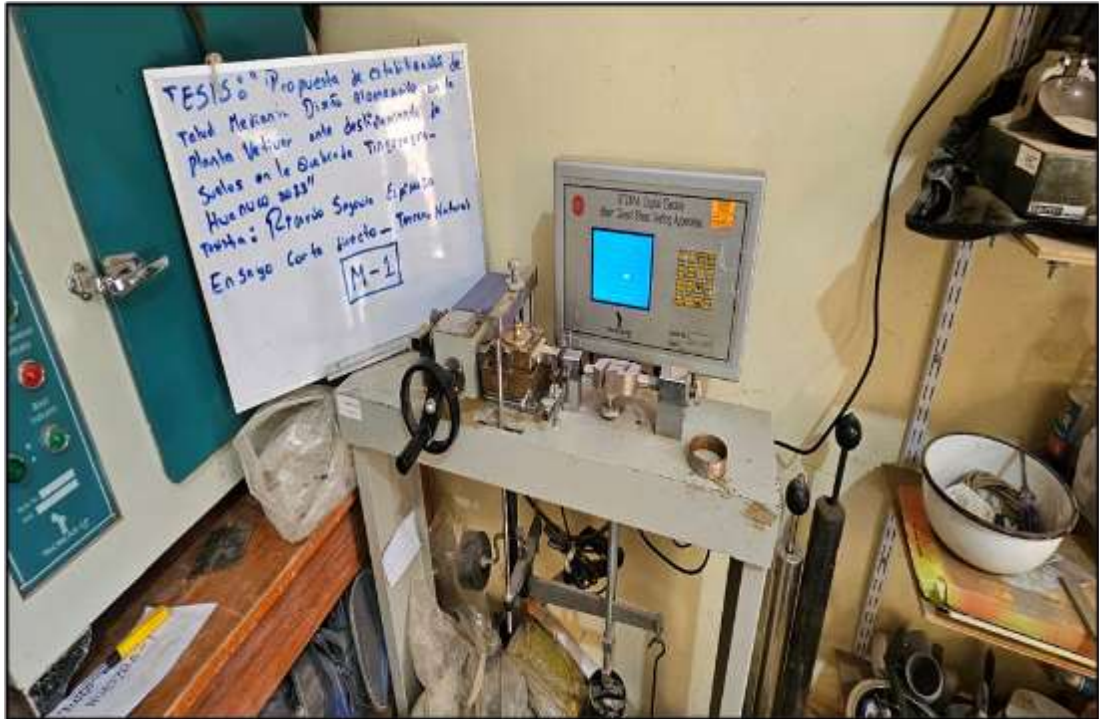
Se procede al llenado de 3 recipientes para el ensayo de Corte Directo



Se procede a llevar el recipiente con la muestra con raíces en la máquina de ensayo directo



Análisis de desplazamiento y esfuerzos de la muestra 1 en la máquina de ensayo directo



Análisis de desplazamiento y esfuerzos de la muestra 1 en la máquina de ensayo directo



Análisis de desplazamiento y esfuerzos de la muestra 2 en la máquina de ensayo directo



Se muestra el estacionamiento del equipo South N7 para realizar el levantamiento topográfico



Se observa el cambio de estación, el cual se cambió en zonas estratégicas para su respectiva visualización

ANEXO 10

PLANOS

